

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

проф. И.И. Физин

по учебно-методической работе

Елина Е.Г.



2016 г.

Рабочая программа дисциплины

Основы теории марковских процессов

Направление подготовки
03.03.03 «Радиофизика»

Профили подготовки
«Информационные технологии и компьютерное моделирование в радиофизике»,
«Информационные технологии в системах радиосвязи»

(2013 год приема)

Квалификация (степень) выпускника:
Академический бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов
2016

1. Цели освоения дисциплины «Основы теории марковских процессов»

1. Знакомство с базовыми понятиями и определениями теории марковских процессов, типами марковских процессов, их математическими моделями и свойствами, а также с основами теории стохастических дифференциальных уравнений.
2. Приобретение навыков решения практических задач, связанных с теорией марковских процессов и стохастических дифференциальных уравнений, научиться использовать как теоретические методы анализа марковских процессов, так и методы численного моделирования.
3. Формирование системы компетенций, направленных на овладение базовыми знаниями в области математики и естественных наук.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина входит в набор дисциплин по выбору Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика», профиль «Информационные технологии и компьютерное моделирование в радиофизике». Индекс дисциплины -- Б1.В.ДВ.10. Дисциплина изучается в 8 семестре.

Входные знания, умения и компетенции, необходимые для изучения данного курса, формируются в процессе освоения ряда дисциплин бакалавриата, таких как дисциплины модулей «Математика», «Общая физика», «Физика колебательных и волновых процессов», «Теоретическая физика».

Данная дисциплина знакомит студентов с базовыми представлениями теории марковских процессов и СДУ, необходимыми для ознакомления студентов с рядом профильных дисциплин, посвященных влиянию шума на динамические системы.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Основы теории марковских процессов»

В результате освоения дисциплины у студентов должны формироваться следующую компетенцию:

- способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности (ОПК-1);

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

Знать:

- основы теории марковских процессов (определение марковского процесса, основные свойства марковских процессов, уравнение Чепмена-Колмогорова, основные типы марковских процессов, эволюционные уравнения, статистические характеристики, свойства и конкретные примеры для различных типов марковских процессов, уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова, уравнение Понтрягина, понятие винеровского процесса, понятие осциллятора Крамерса, определение стохастического дифференциального уравнения (СДУ), определение стохастического интеграла Ито, Стратоновича, обобщенного стохастического интеграла и их основные свойства, понятие СДУ Ито, Стратоновича, обобщенного СДУ, связь СДУ с уравнением Фоккера-Планка-Колмогорова, примеры простых моделей диффузионных процессов, задаваемых СДУ);
- методы численного исследования марковских процессов и стохастических дифференциальных уравнений.

Уметь:

- решать стандартные задачи из теории марковских процессов (уметь составить эволюционное уравнение для данного типа марковского процесса, найти его аналитическое решение в случае если оно существует, или решить эту задачу численно, рассчитать основные моментные функции процесса, описать диффузионный процесс в ди-

намической системе с шумом с помощью СДУ, смоделировать источники шума с требуемыми характеристиками, применить схему численного интегрирования для решения СДУ, по результатам интегрирования определить статистические характеристики исследуемого диффузионного процесса);

- применять современные компьютерные технологии при численном исследовании статистических характеристик марковских процессов.

Владеть

- базовыми знаниями в области теории марковских процессов;
- методами теории марковских процессов при решении конкретных задач статистической радиофизики и теории флуктуаций в нелинейных динамических системах;

4. Структура и содержание дисциплины «Основы теории марковских процессов»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа), включая лекции (13 часов), практические занятия (39 часов), самостоятельную работу (56 часов) и экзамен (36 часов).

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич. занятия	Самост. раб.	
1	Введение.	8	1	1	-	-	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам
2	Тема 1. Базовые понятия теории марковских процессов	8	1	1	2	10	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам
3	Тема 2. Марковские цепи.	8	2-3	2	6	10	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам
4	Тема 3. Дискретные марковские процессы.	8	4-5	2	8	10	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам
5	Тема 4. Диффузионные процессы.	8	6-9	5	8	16	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам. Контрольная работа
6	Тема 5. Стохастические дифференциальные уравнения	8	10-12	2	15	10	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам. Контрольная работа
	Итого: 72	8	1-12	13	39	56	Экзамен (36)

4.1. Содержание учебной дисциплины

Введение.

Формулируются цели и задачи дисциплины.

Тема 1. Базовые понятия теории марковских процессов

1.1. Условная плотность вероятности случайного процесса. Определение марковского процесса (простейшего и k -связанного). Основное марковское свойство и его физический смысл. Однородный марковский процесс. Эволюционное уравнение для одномерного распределения.

1.2. Уравнение Чепмена-Колмогорова. Примеры марковских процессов.

Тема 2. Марковские цепи

2.1. Определение марковской цепи. Уравнение Маркова. Стохастическая матрица простой однородной конечной марковской цепи. Стационарные вероятности состояний марковской цепи. Характер границ марковской цепи. Граничные задачи. Самостоятельно: квазислучайный телеграфный сигнал и его статистические характеристики.

2.2. Случайные блуждания с дискретным временем как частный случай простой марковской цепи. Случайные блуждания как процесс с независимыми приращениями. Среднее значение и дисперсия неограниченных случайных блужданий. Самостоятельно: задача о достижении заданного состояния за определенное время при одномерных случайных блужданиях.

Тема 3. Дискретные марковские процессы

3.1. Вероятности перехода между состояниями в единицу времени. Прямое и обратное уравнения эволюции вероятностей переходов. Управляющее уравнение для вероятностей состояний и его балансный характер. Стационарное решение системы управляющих уравнений.

3.2. Одношаговые случайные процессы. Управляющее уравнение для одношагового процесса. Графическое представление одношаговых процессов и граничные условия. Случайные блуждания с непрерывным временем. Пуассоновский процесс и его характеристики.

Самостоятельно: случайный телеграфный сигнал и его статистические характеристики.

Тема 4. Диффузионные процессы

4.1. Определение диффузионного случайного процесса. Смысл ограниченных пределов: коэффициента сноса и коэффициента диффузии. Непрерывный характер реализаций диффузионного процесса. Броуновское движение как пример диффузионного процесса.

4.2. Первое и второе уравнения Колмогорова для скалярного вещественного диффузионного процесса. Вывод второго (прямого) уравнения Колмогорова (уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова). Самостоятельно: вывод первого (обратного) уравнения Колмогорова.

4.3. Уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова (ФПК) как уравнение эволюции вероятностного распределения в прямом времени. Поток вероятности, уравнение ФПК в виде уравнения непрерывности, «закон сохранения вероятности». Задача о стационарном решении уравнения ФПК. Квазипотенциал и его взаимосвязь со стационарным распределением.

4.4. Процесс Винера-Леви и его характеристики.

4.5. Обобщение определения диффузионного процесса на случай многокомпонентного (векторного) марковского процесса. Вектор сноса и матрица диффузии. Уравнение ФПК и его стационарное решение.

4.6. Вывод уравнения Понтрягина и задача о первом достижении границы. Самостоятельно: бистабильный стохастический осциллятор (осциллятор Крамерса). Вывод формулы Аррениуса. Средняя частота переключений (частота Крамерса).

Тема 5. Стохастические дифференциальные уравнения (СДУ)

5.1. Определение СДУ. Задача Ланжевена. Стохастические интегралы Ито и Стратоновича, обобщенный стохастический интеграл. Свойства стохастических интегралов. Уравнения Ито, Стратоновича и обобщенное СДУ.

5.2. Диффузионный характер решения обобщенного СДУ с гауссовым некоррелированным случайным источником. Связь коэффициентов сноса и диффузии с видом СДУ (одномерный случай). Обобщение на многомерный случай. Примеры процессов, задаваемых СДУ: одномерный и двумерный процессы Орнштейна - Уленбека. Самостоятельно: уравнение релеевской частицы и статистические характеристики его решения.

5.3. Методы численного интегрирования СДУ.

5.4. Флуктуации в автогенераторе как пример диффузионного процесса. Стохастическое уравнение автогенератора с источником некоррелированного гауссова шума. Вывод СДУ для мгновенной амплитуды и флуктуаций фазы колебаний. Стационарное решение уравнения ФПК для амплитуды колебаний и динамических переменных генератора. Самостоятельно: генератор с параметрическим шумом. Вывод стохастических уравнений для амплитуды и фазы. Стационарное распределение амплитуды.

4.2. План практических занятий по дисциплине «Основы теории марковских процессов» (в объеме 39 часов).

Учебное пособие: Астахов В.В., Вадивасова Т.Е., Хохлов А.В. Радиофизика. Задачи и упражнения: Учебное пособие. - Саратов. Изд-во Саратов. ун-та, 2008.

Тема 1: Базовые понятия теории марковских процессов

(Количество часов по данной теме – 2).

Тема 2: Марковские цепи

(Количество часов по данной теме – 6).

Тема 3: Дискретные марковские процессы

(Количество часов по данной теме – 8).

Тема 4: Диффузионные марковские процессы

(Количество часов по данной теме – 8).

Тема 5: Стохастические дифференциальные уравнения

(Количество часов по данной теме – 15).

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины «Основы теории марковских процессов»

Программа дисциплины предусматривает чередование образовательного материала, ставящего проблему, с активной и интерактивной формами занятий посредством выполнения системы заданий по анализу лекционного материала. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 33% от общего числа аудиторных занятий по данному курсу. Занятия лекционного типа составляют 33% (Согласно ФГОС количество часов, отведенных на занятия лекционного типа, в целом по Блоку 1 должно составлять не более 40 процентов от общего количества часов аудиторных занятий).

Общая образовательная схема дисциплины строится по традиционной технологии обучения: сначала учебный материал сжато преподносится студентам лекционным методом, а затем прорабатывается, усваивается и применяется на практических занятиях; результаты усвоения проверяются в форме экзамена. Для самостоятельной работы предлагаются задания, требующие чтения специальной литературы и использования возможностей интернета.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, не имеющих противопоказаний согласно письму Минздравсоцразвития от 12.04.2011 № 302-н, предусмотрена возможность заниматься по адаптированным индивидуальным планам, предусматривающим более гибкую систему организации учебных занятий с учетом индивидуальных возможностей обучаемых. В частности, предполагается применение дистанционных образовательных технологий и средств удаленного доступа.

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

Предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; 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 обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

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

Обучающиеся инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными образовательными ресурсами: электронными пособиями, презентациями лекционных курсов, методическими указаниями по выполнению практических заданий. Предусмотрена возможность получения данных средств на университетских и кафедральных сайтах, а также при непосредственном общении с преподавателем по электронной почте.

Выполнение практических работ по курсу «Основы теории марковских процессов» в рамках адаптивного индивидуального плана может быть осуществлено обучающимся самостоятельно в домашних условиях. Отчеты по выполненным практическим заданиям представляются в электронной форме и отсылаются преподавателю по электронной почте.

Обучение в условиях применения адаптивных индивидуальных программ предполагает активную самостоятельную деятельность: чтение обязательной и дополнительной литературы, реферативная работа, решение задач различного уровня сложности. Технология адаптивного обучения предполагает осуществление контроля всех видов, в том числе дистанционного.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Важную роль при освоении дисциплины «Марковские процессы» играет самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приёмами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа студентов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с требованиями основной образовательной программы по направлению подготовки бакалавров 03.03.03 «Радиофизика».

К самостоятельной работе относятся:

- самостоятельная работа на аудиторных занятиях (лекциях, практических занятиях);
- внеаудиторная самостоятельная работа.

6.1. Виды самостоятельной работы студента:

В процессе освоения дисциплины «Основы теории марковских процессов» предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающегося:

- Самостоятельная проработка лекционного материала с использованием конспектов и предоставляемых обучающимся электронных презентаций курса.
- Самостоятельное изучение некоторых теоретических вопросов, выделенных в программе дисциплины, нерассмотренных на лекциях;
- Работа с основной и дополнительной литературой, содержащей теоретические сведения, изложенные в лекциях в недостаточном объеме.
- Решение задач и выполнение заданий теоретического характера по всем разделам дисциплины в процессе подготовки к практическим (семинарским) занятиям.
- Выполнение персональных заданий повышенной сложности, в том числе оригинальных исследований (по желанию студента).

Раздел/Тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Литература
Тема 1	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение персональных заданий	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 2	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение персональных заданий	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 3	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение персональных заданий	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 4	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение персональных заданий	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»

Тема 5	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение персональных заданий	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Итого часов на самостоятельную работу: 56 часов		

6.2. Порядок выполнения и формы текущего контроля самостоятельной работы студентов

1. Предусмотрена еженедельная самостоятельная работа обучающихся по изучению теоретического лекционного материала; контроль выполнения этой работы предусмотрен при проведении практических занятий и тестирования по данной дисциплине;
2. Самостоятельное изучение некоторых теоретических вопросов, нерассмотренных на лекциях предусматривается по мере изучения соответствующих разделов, контроль выполнения этой самостоятельной работы предусмотрен в рамках экзамена по данной дисциплине.
3. Решение ряда задач, выполнение и письменное оформление заданий теоретического характера, расчетных и графических, по всем разделам дисциплины предусмотрено фактически еженедельно по мере формулировки этих заданий на лекциях. Контроль выполнения этой самостоятельной работы предусмотрен при проведении практических занятий и при завершении изучения дисциплины по представленному в печатном виде отчету по этому виду самостоятельной работы.
4. самостоятельное изучение теоретического материала по темам задач, выполняемых на практических занятиях, предусмотрен еженедельно на соответствующих занятиях.

Промежуточная аттестация студента осуществляется в соответствии с учебным планом в конце восьмого семестра. Итоги обучения оцениваются в форме экзамена

Материалы для текущего контроля успеваемости и средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в Приложении «Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине».

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
8	15	0	30	10	0	0	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента 8 семестр

Лекции

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 15 баллов.

Критерии оценки:

- не более 50% от числа занятий в семестре – 0 баллов,
- от 51% до 60% – 1-3 балла;
- от 61% до 70% – 4-7 балла;
- от 71% до 80% – 8-10 баллов;
- от 81% до 90% – 11-14 баллов;
- не менее 91% занятий – 15 баллов.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия

от 0 до 30 баллов.

Критерии оценки:

Работа в аудитории – 0-10 баллов

Выполнение домашних заданий – 0-10 баллов

Выполнение контрольной работы – 0-10 баллов

Самостоятельная работа

от 0 до 10 баллов.

Критерии оценки:

Выполнение индивидуальных заданий – 0-10 баллов

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено

Другие виды учебной деятельности

Не предусмотрены

Промежуточная аттестация

25-40 баллов – ответ на «зачтено»

0-24 баллов – «не зачтено»

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 8 семестр по дисциплине «Основы теории марковских процессов» составляет 100 баллов.

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине в экзаменационную оценку:

85-100 баллов	«отлично»
71-84 баллов	«хорошо»
51-70 баллов	«удовлетворительно»
0-50 баллов	«не удовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Основы теории марковских процессов»

а) Основная литература:

1. Хохлов А.В., Вадивасова Т.Е., Шабунин А.В. Сигналы. Учебное пособие. Изд-во Саратов. ун-та, 2011. (В НБ СГУ – 35 экз.).
2. Стратонович Р.Л. Случайные процессы в динамических системах. - Москва-Ижевск: Ижевский институт компьютерных исследований, 2009. Электронный ресурс -- <http://www.iprbookshop.ru/17654>
3. Астахов В.В., Вадивасова Т.Е., Хохлов А.В. Радиофизика. Задачи и упражнения: Учебное пособие. - Саратов. Изд-во Саратов. ун-та, 2008 (Электронный ресурс -- <http://chaos.sgu.ru>). (В НБ СГУ – 101 экз.).

б) Дополнительная литература:

1. Шахтарин Б.И. Случайные процессы в радиотехнике Т.1. Линейные преобразования: Учебн. Пособие. -- М.: Гелиос АРВ, 2006. . (В НБ СГУ – 10 экз.).
2. Яковлев В.П. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Изд-во Дашков и К, 2009. (В НБ СГУ – 30 экз.). Электронный ресурс -- <http://www.iprbookshop.ru/4497>
3. Анищенко В.С., Астахов В.В., Вадивасова Т.Е., Нейман А.Б., Стрелкова Г.И., Шиманский-Гайер Л.. Нелинейные эффекты в хаотических и стохастических системах. – Москва - Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003 (Электронный ресурс -- <http://chaos.sgu.ru>). (В НБ СГУ – 2 экз.).
4. Анищенко В.С. Введение в статистическую радиофизику. - Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. Часть 1, 1979 (В НБ СГУ – 1 экз.). Часть 2, 1983. (В НБ СГУ – 1 экз.)
5. Анищенко В.С., Вадивасова Т.Е. Лекции по статистической радиофизике. - Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1992. (В НБ СГУ – 1 экз.)

б) Рекомендуемая литература:

1. Волков И.К., Зуев С.М., Цветкова Г.М. Случайные процессы. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006(3-е издание).
2. Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы. - М.: Сов. радио, 1977.

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Сайт СГУ (система управления электронными образовательными ресурсами Moodle) <http://course.sgu.ru>
2. Электронная библиотека учебно-методической литературы (ЭБ УМЛ): сайт <http://Library.sgu.ru>
3. Научно-образовательный интернет-портал кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ (электронные версии учебных пособий, подготовленных сотрудниками кафедры) <http://chaos.sgu.ru>
4. Электронный ресурс <http://www.iprbookshop.ru>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Основы теории марковских процессов»

- Компьютерные классы физического факультета (ауд. 88 и 69–а 8-го учебного корпуса) и кафедры радиофизики и нелинейной динамики (ауд. 52 3-го учебного корпуса). Помещения соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности и охраны труда при проведении учебных, научно-исследовательских и научно-производственных работ.
- Помещения соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности и охраны труда при проведении учебных и научно-исследовательских работ.
- Персональные ЭВМ, объединенные в локальную сеть и с выходом в Интернет.

- Электронные презентации лекций.
- Мультимедиапроектор.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика», профили «Информационные технологии и компьютерное моделирование в радиофизике», «Информационные технологии в системах радиосвязи».

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




Вадивасова Т.Е.

Программа разработана в 2014г. (одобрена на заседании кафедры, протокол № 1, от 15.09.2014, 2014 г)

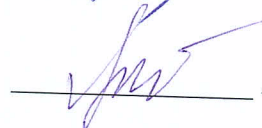
Программа актуализирована в 2016г. (одобрена на заседании кафедры радиофизики и нелинейной динамики, протокол №7 от 14 марта 2016 года)

Зав. кафедрой радиофизики и нелинейной динамики
д.ф.-м.н., профессор



Анищенко В.С.

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



Аникин В.М.