

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное автономное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Национальный исследовательский**  
**Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

**УТВЕРЖДЕНО**

решением ученого совета ННГУ  
протокол от "27"апреля 2022 г. №6

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Моделирование случайных процессов в нелинейных средах»**

Уровень высшего образования  
**Подготовка научных и научно-педагогических кадров**

Научные специальности

1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика, 1.1.4. Теория вероятностей и математическая статистика, 1.1.5. Математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика, 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела, 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение, 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, 1.3.11. Физика полупроводников, 1.3.19. Лазерная физика, 1.3.4. Радиофизика, 1.3.7. Акустика, 1.3.8. Физика конденсированного состояния, 1.4.1. Неорганическая химия, 1.4.2. Аналитическая химия, 1.4.3. Органическая химия, 1.4.4. Физическая химия, 1.4.7. Высокомолекулярные соединения, 1.4.8. Химия элементоорганических соединений, 1.5.11. Микробиология, 1.5.15. Экология, 1.5.2. Биофизика, 1.5.21. Физиология и биохимия растений, 1.5.5. Физиология человека и животных, 2.2.2. Электронная компонентная база микро и наноэлектроники, квантовых устройств, 3.2.7. Аллергология и иммунология, 5.1.1. Теоретико-исторические правовые науки, 5.1.2. Публично-правовые (государственно-правовые) науки, 5.1.3. Частно-правовые (цивилистические) науки, 5.1.4. Уголовно-правовые науки, 5.1.5. Международно-правовые науки, 5.12.1. Междисциплинарные исследования когнитивных процессов, 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика, 5.2.4. Финансы, 5.2.6. Менеджмент, 5.3.7. Возрастная психология, 5.4.2. Экономическая социология, 5.4.4. Социальная структура, социальные институты и процессы, 5.4.6. Социология культуры, 5.4.7. Социология управления, 5.5.2. Политические институты, процессы, технологии, 5.5.4. Международные отношения, глобальные и региональные исследования, 5.6.1. Отечественная история, 5.6.2. Всеобщая история, 5.6.7. История международных отношений и внешней политики, 5.7.1. Онтология и теория познания, 5.8.2. Теория и методика обучения и воспитания, 5.8.7. Методология и технология профессионального образования, 5.9.2. Литературы народов мира, 5.9.5. Русский язык. Языки народов России, 5.9.6. Языки народов зарубежных стран (с указанием конкретного языка или группы языков), 5.9.9. Медиакоммуникации и журналистика

Нижний Новгород  
2022 год

## 1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина «**Моделирование случайных процессов в нелинейных средах**» относится к числу факультативных дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры и изучается на 2 году обучения в 5 семестре.

**Целью дисциплины** - ознакомить аспирантов с современными вычислительными методами для сосредоточенных динамических систем с шумовыми источниками.

### Планируемые результаты обучения по дисциплине

Выпускник, освоивший программу, должен

**ЗНАТЬ:** вычислительные методы для сосредоточенных динамических систем с шумовыми источниками

**УМЕТЬ:** применять вычислительные методы, исследование неавтономных динамических систем с шумовыми источниками

**ВЛАДЕТЬ:** методами исследования распределенных систем с шумовыми источниками.

## 2. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часов, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем: (18 час. лекции и 18 час. практика), и 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

**Таблица 1**

**Структура дисциплины**

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					
		Контактная работа, часов					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Вычислительные методы для сосредоточенных динамических систем с шумовыми источниками	24	6	6			12	12
2. Численное исследование неавтономных динамических систем с шумовыми источниками	24	6	6			12	12
3. Численное исследование распределенных систем с шумовыми источниками	24	6	6			12	12
<b>Аттестация по дисциплине *</b>	<b>Зачет</b>						

(указать форму)							
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>18</b>			<b>36</b>	<b>36</b>

**Таблица 2**

**Содержание дисциплины**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование раздела дисциплины</b>	<b>Содержание раздела</b>	<b>Форма проведения занятия</b>	<b>Форма текущего контроля*</b>
1.	Вычислительные методы для сосредоточенных динамических систем с шумовыми источниками	Введение в теорию случайных процессов. Численное интегрирование сосредоточенных динамических систем с шумовыми источниками. Точность численного метода, зависимость от шага интегрирования, выбранного метода, режима и размерности динамической системы. Генераторы случайных чисел, трансформация к нормальному распределению, индуцированные шумом переходные процессы. Распараллеливание под OpenMP. Примеры.	Лекции, практика	Проверка практических заданий
2	Численное исследование неавтономных динамических систем с шумовыми источниками	Численное исследование эффектов резонансной активации, стохастического резонанса, эффекта подавления шума внешним сигналом. Времена переключений динамических систем, спектральные плотности мощности, отношение сигнал/шум. Примеры.	Лекции, практика	Проверка практических заданий
3	Численное исследование распределенных систем с шумовыми источниками	Уравнение синус-Гордона и его применения. Численные методы для решения уравнения синус-Гордона. Спонтанное возникновение солитонов при термической активации. Время пролета солитонов и его среднеквадратический разброс. Примеры задач детекторов квантовой информации и источников ТГц излучения.	Лекции, практика	Проверка практических заданий

### 3. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Контроль самостоятельной работы – практические занятия. При подготовке к занятиям обучающиеся изучают и повторяют разделы теоретического материала по конспектам и по учебникам и монографиям из списка литературы.

### 4. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

#### 4.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

При выполнении всех работ учитываются следующие **основные критерии**:

- уровень теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы, заданные членами комиссии);
- умение использовать теоретические знания при анализе конкретных проблем, ситуаций;
- качество изложения материала, то есть обоснованность, четкость, логичность ответа, а также его полнота (то есть содержательность, не исключающая сжатости);
- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,
- оригинальность мышления, знакомство с дополнительной литературой и другие факторы.

#### *Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме зачета*

Оценка	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
<i>Зачтено</i>	владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить проблемные ситуации в организации научных исследований, способность критически анализировать и сравнивать существующие подходы и методы к оценке результативности научной деятельности, свободное владение источниками, умение четко и ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.
<i>Не зачтено</i>	непонимание смысла ключевых проблем, недостаточное владение науковедческой терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации, неспособность анализировать и сравнивать существующие концепции, подходы и методы, неумение ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.

#### 4.2 Примеры вопросов для контроля самостоятельной работы:

1. Численное моделирование динамических систем с шумовыми источниками. Точность численного метода, зависимость от параметров метода детерминированной и случайной частей уравнения.
2. Типы генераторов случайных чисел и примеры верификации ГСЧ.
3. Плотность вероятности, характеристическая функция, моменты и кумулянты.

4. Время Крамерса и его обобщения.
5. Моменты времен первого достижения границ и их численное моделирование.
6. Моменты времен перехода и эффект шумовой задержки переключения систем.
7. Эффект стохастического резонанса и его проявления.
8. Эффект резонансной активации и особенности его численного наблюдения.
9. Эффект подавления шума внешним сигналом, временные характеристики и спектры.
10. Солитоны в распределенных системах и уравнение синус-Гордона

#### ***Примеры вопросов к зачету***

1. Время Крамерса и его обобщения.
2. Моменты времен первого достижения границ и их численное моделирование.
3. Моменты времен перехода и эффект шумовой задержки переключения систем.
4. Эффект стохастического резонанса и его проявления.

#### ***Примеры задач для практических занятий***

##### **Примеры практических заданий**

1.

Численное решение уравнения первого порядка с шумовым источником, показать и пояснить типы движений в зависимости от формы потенциального профиля.

2.

Исследование времени переключения индуцированного шумом процесса, наблюдение эффекта замедления переключения из-за шума.

3.

Проверка скорости работы программы при распараллеливании на 1, 2 и 4 процессорных ядрах.

#### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

##### **Литература:**

Рекомендуемая литература.

а) основная литература:

1. А.Н.Малахов, Кумулянтный анализ случайных негауссовских процессов и их преобразований, Москва, Советское радио, 1978 (В библиотеке ННГУ 6 экз.); Электронная физико-математическая библиотека EqWorld <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/probability.htm>

2. Сизых В.В. Случайные процессы. Примеры и задачи. Т. 5. Оценка сигналов, их параметров и спектров. Основы теории информации: Уч. пос. / В.В. Сизых и др. - 2-е изд., стер. - М.: Гор. линия-Телеком, 2012 - 400с. ISBN 978-5-9912-0102-5 (ЭБС "Znaniy.com" <http://znaniy.com/catalog.php?bookinfo=504311>)

б) дополнительная литература:

1. В.И. Тихонов. Марковские процессы, Москва, Советское радио, 1977. (В библиотеке ННГУ 4 экз.)

2. В.И. Тихонов. Случайные процессы. Примеры и задачи. Том 4 - Оптимальное обнаружение сигналов: Учебное пособие / Тихонов В.И., Шахтарин Б.И., Сизых В.В. - М.:Гор. линия-Телеком, 2017. - 400 с.: ISBN 978-5-9912-0488-0 (ЭБС "Znaniy.com" <http://znaniy.com/catalog.php?bookinfo=896387>)

## **6. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Мультимедийная аудитория (ауд. 110 корпус 2), обеспеченная широкоформатным экраном для демонстрации. Аудитория для самостоятельной работы (ауд. 110 корпус 6), обеспеченная компьютером с выходом в сеть Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника».

Автор д.ф.-м.н., с.н.с.

Панкратов А.Л.

Рецензент д.ф.-м.н., профессор

Заведующий кафедрой

Иванченко М.В.

**Программа одобрена** на заседании Методической комиссии Института /факультета от \_\_\_\_\_ 2022 года, протокол № \_\_\_\_.