

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
от 30.11.2022 г. протокол № 13

Рабочая программа дисциплины
Стохастические дифференциальные уравнения
и их применение

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки
010402 Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы
Вычислительные методы и суперкомпьютерные технологии

Форма обучения
очная

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Стохастические дифференциальные уравнения и их применение» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, трудоемкость составляет 3 зачетные единицы. Преподается студентам 1 курса магистратуры во 2 семестре, форма отчетности - зачет.

Изучение данной дисциплины осуществляется на основе достигнутого уровня формирования компетенций при изучении материалов курсов математического анализа, физики, дифференциальных уравнений и уравнений математической физики.

Целью дисциплины «Стохастические дифференциальные уравнения и их применение» является получение знаний в области теории случайных процессов, знакомство студентов с численными методами решения стохастических дифференциальных уравнений, получение представления о генераторах случайных чисел, и изучение возможности распараллеливания программ, используя среду OpenMP.

Курс предполагает, что полученные теоретические знания в области теории случайных процессов и навыки параллельного программирования слушатели могут в дальнейшем использовать при решении прикладных задач нелинейной динамики сосредоточенных и распределенных систем при учете шумов и флуктуаций.

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	
ПК-4 Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-4.1. Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	ЗНАТЬ базовые алгоритмы вычислительной математики для решения задач стохастической динамики, условия их применимости.	Собеседование (зачет)
	ПК-4.2. Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	УМЕТЬ определять и профессионально реализовывать необходимые для решения прикладных задач стохастической динамики вычислительные алгоритмы, анализировать полученные результаты	Практические занятия (текущий контроль)
ПК-11 Способен разрабатывать и	ПК-11.1. Знает методы разработки и	ЗНАТЬ вычислительные методы стохастической динамики.	Собеседование (зачет)

анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач производственно-технологической деятельности	анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач		
	ПК-11.2. Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач	УМЕТЬ проводить процедуры корректности работы реализуемых численных методов профессионально разрабатывать и использовать программное обеспечение для решения прикладных задач стохастической динамики	Практические занятия (текущий контроль)

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	33
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	16
- занятия лабораторного типа	
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

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	
Вычислительные методы для сосредоточенных динамических систем с шумовыми источниками	33	4	4		8	25
Численное исследование неавтономных динамических систем с шумовыми источниками	37	6	6		12	25
Численное исследование распределенных систем с шумовыми источниками	37	6	6		12	25

Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация – зачет						
Итого	108	16	16	0	33	75

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Текущий контроль успеваемости реализуется в форме опросов на занятиях семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Выполнение практических заданий на следующие темы

- «Исследование характеристик генераторов случайных чисел»
- «Распараллеливание в среде OpenMP»
- «Численное моделирование вероятностных и временных характеристик джозефсоновского контакта»
- «Индукцированные шумом эффекты изменения характеристик генерации нелинейных систем (резонансная активация, когерентный и стохастический резонанс, шумо-индуцированное увеличение времени возникновения отклика)»

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. Невозможность оценить полноту знаний вследствие	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	отказа обучающегося от ответа			ошибок	ых 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
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	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

5.2.1 Контрольные вопросы

вопросы	Код формируемых компетенции
1. Численное моделирование динамических систем с шумовыми источниками.	ПК-4
2. Стохастическое исчисление Ито и Стратоновича.	ПК-4
3. Точность численного метода, зависимость от параметров метода детерминированной и случайной частей уравнения.	ПК-4
4. Типы генераторов случайных чисел и примеры верификации ГСЧ.	ПК-4
5. Плотность вероятности, характеристическая функция, моменты и кумулянты.	ПК-4
6. Время Крамерса и его обобщения.	ПК-4
7. Моменты времен первого достижения границ и их численное моделирование.	ПК-11
8. Моменты времен перехода и эффект шумовой задержки переключения систем.	ПК-11
9. Эффект стохастического резонанса и его проявления.	ПК-11
10. Эффект резонансной активации и особенности его численного наблюдения.	ПК-11
11. Эффект подавления шума внешним сигналом, временные характеристики и спектры.	ПК-11
12. Солитоны в распределенных системах и уравнение синус-Гордона.	ПК-11

5.2.2. Типовые вопросы для оценки сформированности компетенции ПК-4, ПК-11

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.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Малахов А.Н. Кумулянтный анализ случайных негауссовских процессов и их преобразований, Москва, Советское радио, 1978). (94 экз.).

б) дополнительная литература:

1. А.Н. Малахов, Флуктуации в автоколебательных системах, М.: Наука, 1968, с. 660. (11 экз.).

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. http://www.df.unipi.it/~mannella/papers/algorithms/SDE_on_a_computer.pdf

2. Описание стандарта OpenMP. http://parallel.ru/tech/tech_dev/openmp.html

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и семинарского типа), оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

Автор: д.ф.-м.н. Панкратов А.Л.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н., проф. Иванченко М.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.