

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Случайные колебания

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и вычислительная математика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.10.01 Случайные колебания относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-3: Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	ПК-3.1: Знает методы сбора, обработки и интерпретации данных современных научных исследований, необходимых для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям ПК-3.2: Умеет собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям ПК-3.3: Имеет практический опыт сбора и обработки данных современных научных исследований, необходимых для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	ПК-3.1: Знать методы сбора, обработки и интерпретации данных современных научных исследований, как анализировать поставленную задачу случайных колебаний, использовать корректные методы её решения, применять математически сложные алгоритмы в современных специализированных программных комплексах, реализовывать в них новые алгоритмы ПК-3.2: Уметь собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, анализировать поставленную задачу о случайных колебаниях, использовать корректные методы её решения, применять математически сложные алгоритмы в современных специализированных программных комплексах, реализовывать в них новые алгоритмы	Контрольная работа Собеседование	Зачёт: Задания Контрольные вопросы

		ПК-3.3: Владеть опытом сбора и обработки данных современных научных исследований, анализа поставленной механической задачи о случайных колебаниях, использовать корректные методы её решения, применять математически сложные алгоритмы в современных специализированных программных комплексах, реализовывать в них новые алгоритмы		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	20
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	10
- КСР	1
самостоятельная работа	41
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
1. Случайные процессы. Стационарный, нормальный, винеровский	9	3	1	4	5

процесс, процесс с независимыми приращениями, Марковские процессы, эргодические процессы, пуассоновские процессы.					
2. Элементы стохастического анализа. Случайная функция. Определение предела. Непрерывность. Дифференцируемость. Интегрируемость. Действие линейного оператора на случайную функцию.	16	5	3	8	8
3. Корреляционная теория случайных процессов. Случайные колебания механических систем с одной степенью свободы.	13	3	3	6	7
4. Спектральная теория стационарных случайных процессов. Белый шум.	14	3	3	6	8
5. Марковские процессы с дискретными и непрерывными состояниями. Уравнения Колмогорова. Стохастические модели состояния. Элементы статистики случайных процессов. Численное интегрирование стохастических уравнений	10	3		3	7
6. Случайные колебания нелинейных механических систем. Стохастическая линеаризация.	9	3		3	6
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	20	10	31	41

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Случайные процессы. Стационарный, нормальный, винеровский процесс, процесс с независимыми приращениями, Марковские процессы, эргодические процессы, пуассоновские процессы.
2. Элементы стохастического анализа. Случайная функция. Определение предела. Непрерывность. Дифференцируемость. Интегрируемость. Действие линейного оператора на случайную функцию.
3. Корреляционная теория случайных процессов. Случайные колебания механических систем с одной степенью свободы.
4. Спектральная теория стационарных случайных процессов. Белый шум.
5. Марковские процессы с дискретными и непрерывными состояниями. Уравнения Колмогорова. Стохастические модели состояния. Элементы статистики случайных процессов. Численное интегрирование стохастических уравнений.
6. Случайные колебания систем с конечным числом степеней свободы. (Свободные колебания, вынужденные колебания). Метод главных координат.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (зачет).

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Найти математическое ожидание $m_X(t)$, корреляционную функцию $K_X(t_1, t_2)$, дисперсию $D_X(t)$ случайного процесса $X(t) = F(U, V, t)$. U, V - некоррелированные случайные величины. Пример задания: $X(t) = t * U + V * \cos(t) - \sin(t)$. $U \in N(3, 2)$, $V \in E(0.5)$.

2. Найти корреляционную функцию $K_Z(t_1, t_2)$ и дисперсию $D_Z(t)$, если $X(t), Y(t)$ некоррелированные случайные процессы и даны корреляционные функции $K_X(t_1, t_2), K_Y(t_1, t_2)$.
Пример: $X(t) = t * U + V * \cos(t) - \sin(t)$. $U \in N(3, 2)$, $V \in E(0.5)$,
 $K_X(t_1, t_2) = 1/(1 + |t_2 - t_1|)$, $K_Y(t_1, t_2) = 1 + t_1 * t_2$.

3. Найти математическое ожидание $m_Y(t)$, корреляционную функцию $K_Y(t_1, t_2)$, дисперсию $D_Y(t)$ случайного процесса $Y(t) = \frac{dX(t)}{dt}$, не дифференцируя $X(t)$.

4. Найти математическое ожидание $m_Y(t)$, корреляционную функцию $K_Y(t_1, t_2)$, дисперсию $D_Y(t)$ случайного процесса $Y(t) = \int_0^t X(s) ds$, не интегрируя $X(t)$, где $X(t) = f(t) * U(t)$, $f(t)$ - не случайная функция.

5. Доказать, что случайный процесс $X(t)$ - стационарен в широком смысле. Проверить свойство эргодичности для математического ожидания корреляционной функции.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Действие линейного оператора на случайную функцию.
2. Спектральная теория стационарных случайных процессов.
3. Уравнения Колмогорова для вероятностей состояния.
4. Основные задачи теории случайных процессов.
5. Случайные колебания линейных систем с одной степенью свободы.
6. Задача о выбросах при случайных колебаниях.
7. Случайные колебания систем с конечным числом степеней свободы.
8. Случайные колебания систем с распределёнными параметрами.
9. Параметрическое возбуждение случайных колебаний.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	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 ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько не существенных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений.	При решении стандартных задач не	Продемонстрированы основные	Продемонстрированы все	Продемонстрированы все	Продемонстрированы все	Продемонстрированы все основные

	Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Найти математическое ожидание $m_X(t)$, корреляционную функцию $K_X(t_1, t_2)$, дисперсию $D_X(t)$ случайного процесса $X(t) = F(U, V, t)$. U, V - некоррелированные случайные величины.
Пример задания: $X(t) = 4 * t * U - V * \cos(t) - \sin(t)$. $U \in N(3, 2)$, $V \in E(0.5)$.

Найти корреляционную функцию $K_Z(t_1, t_2)$ и дисперсию $D_Z(t)$, если $X(t), Y(t)$ некоррелированные случайные процессы и даны корреляционные функции $K_X(t_1, t_2), K_Y(t_1, t_2)$.
Пример: $X(t) = U + V * \cos(t) + \sin(t)$. $U \in N(3, 2)$, $V \in E(0.5)$,
 $K_X(t_1, t_2) = 1/(1 + |t_2 - t_1|)$, $K_Y(t_1, t_2) = 1 + 2 * t_1 * t_2$.

Найти математическое ожидание $m_Y(t)$, корреляционную функцию $K_Y(t_1, t_2)$, дисперсию $D_Y(t)$ случайного процесса $Y(t) = \frac{dX(t)}{dt}$, не дифференцируя $X(t)$.
 $X(t) = U + V * \cos(t) + \sin(t)$. $U \in N(3, 2)$, $V \in E(0.5)$.

Найти математическое ожидание $m_Y(t)$, корреляционную функцию $K_Y(t_1, t_2)$, дисперсию $D_Y(t)$ случайного процесса $Y(t) = \int_0^t X(s) ds$, не интегрируя $X(t)$, где $X(t) = f(t) * U(t)$,
 $f(t)$ - не случайная функция. $X(t) = 4 * t * U - V * \cos(t) - \sin(t)$. $U \in N(3, 2)$, $V \in E(0.5)$,

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Процессы. Стационарный, нормальный, винеровский процесс, процесс с независимыми приращениями, Марковские процессы, эргодические процессы, пуассоновские процессы.
2. Стохастический анализ. Случайная функция. Определение предела. Непрерывность. Дифференцируемость. Интегрируемость. Ковариационная функция

3. Действие линейного оператора на случайную функцию.
4. Спектральная теория стационарных случайных процессов. Белый шум.
5. Случайные колебания линейных систем с одной степенью свободы.
6. Задача о выбросах при случайных колебаниях.
7. Случайные колебания систем с конечным числом степеней свободы.
8. Параметрическое возбуждение случайных колебаний.
9. Теория стохастической устойчивости.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки

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

Основная литература:

1. Вентцель Елена Сергеевна. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. - М. : Наука, 1988. - 480 с. : ил. - (Физико-математическая библиотека инженера). - ISBN 5-02-013748-0 (в пер.) : 1.80., 25 экз.

Дополнительная литература:

1. Болотин Владимир Васильевич. Случайные колебания упругих систем. - М. : Наука, 1979. - 335 с. : ил. - 2.50., 3 экз.

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

Вентцель А.Д. Курс теории случайных процессов. М.:Наука, 1975 319с. 11 экз.
<http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=64568&idb=0>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран)

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Ляхов Александр Федорович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.