

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

**Учебно-научный институт радиоэлектроники и информационных технологий(ИРИТ)**  
(Полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института:

Мякиньков А.В.  
подпись ФИО  
“ 10 ” 06 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ДВ.6.1

## Методы стохастического анализа

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

## для подготовки бакалавров

Направление подготовки :01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность: Математическое моделирование и компьютерные технологии

Форма обучения: очная

Год начала подготовки 2021

Выпускающая кафедра ПМ

Кафедра-разработчик ПМ

Объем дисциплины  
часов/з.е.

## Промежуточная аттестация экзамен

Разработчик: Шерстнева Л.В.к.ф.-м.н.

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2021г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 10 января 2018 г. N 9 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ

протокол от 10.06.2021 № 6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 4.06.21 № 9/1  
Зав. кафедрой д.ф.-м.н, профессор Куркин А.А. \_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИРИТ, Протокол от 10.06.2021 № 1

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ  
Начальник МО \_\_\_\_\_

№ 01.03.02-П-52

Заведующая отделом комплектования НТБ

Н.И. Кабанина

(подпись)

# 1. Оглавление

<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
Цель освоения дисциплины: .....	4
Задачи освоения дисциплины (модуля): .....	4
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>4</b>
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....</b>	<b>5</b>
<b>4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП .....</b>	<b>6</b>
<b>5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>6</b>
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	6
СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....	9
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>16</b>
Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности .....	16
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>18</b>
УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	18
СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	18
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ.....	19
<b>8. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>20</b>
ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	20
<b>8.2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ .....</b>	<b>20</b>
ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	Ошибка! Закладка не определена.
ПЕРЕЧЕНЬ СОВРЕМЕННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	20
<b>8 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>21</b>
<b>9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>22</b>
<b>10 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ ...</b>	<b>23</b>
Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии .....	23
Методические указания для занятий лекционного типа .....	24
Методические указания по освоению дисциплины на практических работах .....	24
Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....	24
<b>11 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>25</b>
Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости.....	25
12.2 Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена.....	30
12.3 Типовые билеты экзамена .....	31

# **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **Цель освоения дисциплины:**

Целью освоения дисциплины является освоение современного аппарата теории случайных процессов, изучение различных методов исследования в области стохастического анализа

## **Задачи освоения дисциплины (модуля):**

- решение задач моделирования и управления стохастическими системами на основе применения современных моделей и технологий
- применение при решении задач радиотехники и информационных технологий методов стохастического исчисления.

# **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина (модуль) Б1.В.ДВ.6.1Методы стохастического анализа включена в перечень, вариативной части дисциплин (формируемой участниками образовательных отношений) по выбору (запросу студентов), направленный на углубление уровня освоения компетенций. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах в объеме программы бакалавриата: предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Методы стохастического анализа» являются Математический анализ, Специальные главы математического анализа, Дифференциальные уравнения, Теория вероятностей и математическая статистика

Рабочая программа дисциплины «Методы стохастического анализа» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1.1- Формирование компетенций дисциплинами очной формы обучения

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки бакалавра /специалиста/магистра»							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ПКС-1</b>								
Уравнения математической физики								
Механика сплошных сред								
Теория игр и исследование операций								
Элементы теории операторов монотонного типа								
Математическое моделирование биологических процессов и систем								
Интегральные уравнения								
Элементы дифференциальной геометрии и тензорного анализа								
Методы стохастического анализа								
Вариационное исчисление								
Численные методы гидродинамики								
Подготовка к сдаче и сдача гос.экзамена								
Технологическая (проектно-технологическая) практика								
Преддипломная практика								
Выполнение и защита ВКР								

## 4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
		Планируемые результаты обучения по дисциплине	Текущего контроля	Промежуточной аттестации	Оценочные средства	Текущего контроля
ПКС-1	<i>Освоение дисциплины причастно к ТФ : С/05.6 (ПС 06.022 «Системный аналитик»), использование математических методов моделирования, информационных и имитационных моделей по тематике выполняемых научно-исследовательских прикладных задач или опытно-конструкторских работ</i>					
ПКС-1. Способен разрабатывать математические и информационные модели системы для прикладной задачи, выделять подсистемы и их функции, описывать объекты профессиональной деятельности, используя язык математики, формализовать и алгоритмизировать поставленную задачу.	ИПКС-1.1. Описывает объекты профессиональной деятельности, используя язык математики, использует математические методы для решения прикладных задач.	<b>Знать:</b> основные приемы построения стохастических моделей и их классификацию; .	<b>Уметь:</b> изменять и анализировать стохастические модели, ставить и решать стохастические задачи;	<b>Владеть:</b> навыками постановки и решения стохастических задач, их применением в технике	Разноуровневые задачи и задания	Вопросы для устного собеседования: билеты (25 билетов)

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5зач.ед. 180 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.



Таблица 3

## Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час		
	Всего час.	В т.ч. по семестрам	№сем 7
<b>Формат изучения дисциплины</b>		с использованием элементов электронного обучения	
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>180</b>	<b>180</b>	
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	
<b>1.1 Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	
занятия лекционного типа (Л)	34	34	
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др.)	34	34	
лабораторные работы (ЛР)			
<b>1.2 Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)			
текущий контроль, консультации по дисциплине	2	2	
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	4	4	
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	
реферат/эссе (подготовка)			
расчёто-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа			
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)			
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	70	70	
<b>Подготовка к экзамену (контроль)</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	

## Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 5-Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)		Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)	
		Контактная работа	Самостоятельная работа студентов (час)					
7 семестр								
ПКС-1, ИПКС-1.1	<p><b>Раздел 1. Случайные величины и процессы</b></p> <p><b>Тема 1.1</b> Определение и описание случайного процесса. Конечномерные распределения случайного процесса. Теорема Колмогорова. Моментные характеристики случайного процесса. Основные классы случайных процессов. Гауссовские случайные процессы. Случайные процессы с конечными моментами второго порядка. Стационарные случайные процессы. Марковские процессы. Диффузионные процессы,</p>	4		4	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу 7.1.1, 7.1.2</li> <li>- проработка лекционного материала;</li> <li>- решение домашних заданий</li> </ul>	<p>Обсуждение материала и задач</p>	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)								
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия									
	Тема 1.2. Случайные последовательности. Стационарные случайные последовательности. Основные характеристики ССП. Примеры ССП. Спектральное представление ССП.	2		2	6	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу 7.1.1, 7.1.2 - проработка лекционного материала; - решение домашних заданий	Обсуждение материала и задач						
	Тема 1.3.. Цепи Маркова Вероятностные характеристики цепей Маркова. Эргодические цепи Маркова. Предельные вероятности состояний цепи Маркова.	2		2	6	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу 7.1.1, 7.1.2 - проработка лекционного материала; - решение домашних заданий	Обсуждение материала и задач						
	1. Тема 1.4. Разностные стохастические уравнения. Модели авторегрессии и скользящего среднего (АРСС-последовательности). Спектральные характеристики	2		2	4	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу 7.1.1, 7.1.2 - проработка	Обсуждение материала и задач						

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)	
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа студентов (час)					
	АРСС-последовательностей. Фильтр Калмана. Нелинейная фильтрация марковских случайных последовательностей						лекционного материала; - решение домашних заданий			
	2. Тема 1.5 Мартингалы с дискретным временем. Основные определения. Марковские моменты. Случайная замена времени в мартингале. Теоремы сходимости мартингалов и их приложения.	2		2	2		- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу 7.1.1, 7.1.2 - проработка лекционного материала; - решение домашних заданий	Обсуждение материала и задач		
	Тема 1.6 Случайные функции. Непрерывность случайных функций. Дифференцирование случайных функций. Интегрирование случайных функций. Дифференциальные уравнения со случайной правой частью.	2		2	6		- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу 7.1.1, 7.1.2 - проработка лекционного материала; - решение домашних заданий	Обсуждение материала и задач		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)					Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)									
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия										
	Стационарные случайные функции. Основные характеристики стационарных случайных функций. Примеры ССФ.. Линейные преобразования ССФ.. Мартингалы (непрерывное время). Свойства мартингалов и субмартингалов. Винеровский процесс													
	Тема 1.7 Марковские случайные функции с дискретным множеством состояний. Потоки событий. Вероятностное описание марковских случайных функций с дискретным множеством значений. Эргодические свойства однородных марковских случайных функций. Процессы рождения и гибели .	4		4	6	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу 7.1.1, 7.1.2 - проработка лекционного материала; - решение домашних заданий	Обсуждение материала и задач							
ПКС-1,	Раздел 2. Стохастические интегралы													

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)								
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия									
ИПКС-1.1	Тема 2.1 Построение интеграла Ито, свойства интеграла (в том числе мартингальность интеграла Ито с переменным верхним пределом).	4		4	6	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу 7.1.1, 7.1.2 - проработка лекционного материала; - решение домашних заданий	Обсуждение материала и задач						
	1. Тема 2.2. Интеграл Стратоновича. Связь между двумя видами стохастического интеграла. . Формула Ито замены переменных и ее дальнейшие обобщения. Уравнение Ланжевена.	4		4	8	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу 7.1.1, 7.1.2 - проработка лекционного материала; - решение домашних заданий	Обсуждение материала и задач						
ПКС-1, ИПКС-1.1	Раздел 3. Стохастические дифференциальные уравнения												
	Тема 3.1. Стохастические дифференциалы и лемма Ито. Линейные стохастические	4		4	6	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной	Обсуждение материала и задач						

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)								
		Лекции	Лабораторные практические занятия	Практические занятия									
	дифференциальные уравнения					по курсу 7.1.1, 7.1.2 - проработка лекционного материала; - решение домашних заданий							
	Тема 3.2.. Формирующий фильтр для стационарной случайной функции. Стохастические дифференциальные уравнения и диффузионные процессы. Фильтр Калмана-Бьюси. Задача фильтрации. Задача экстраполяции	2		2	6	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу 7.1.1, 7.1.2 - проработка лекционного материала; - решение домашних заданий	Обсуждение материала и задач						
	Тема 3.3Приложения стохастических дифференциальных уравнений. Моделирование различных процессов с помощью стохастических дифференциальных уравнений.	2		2	4	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу 7.1.1, 7.1.2 - проработка лекционного материала; - решение домашних заданий	Обсуждение материала и задач						

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)	
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)					
Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия								
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>34</b>		<b>34</b>	<b>70</b>					

## **6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.**

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: устное собеседование по темам лекционных занятий, выполнение практических заданий. Промежуточный контроль проводится в устно-письменной форме.

### **Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

Индивидуальные практические задания и вопросы для текущего контроля по теоретическому материалу хранятся на кафедре «Прикладная математика» ауд. 1204 по адресу Н.Новгород, ул. Минина, 24.

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине может применяться **балльно-рейтинговая/традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации знаний.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Таблица 5. При текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ

Шкала оценивания	Экзамен/ Зачет с оценкой	Зачет
40<R≤50	Отлично	зачет
30<R≤40	Хорошо	
20<R≤30	Удовлетворительно	
0<R≤20	Неудовлетворительно	

При использовании традиционной системы контроля и оценки успеваемости студентов должны быть представлены критерии выставления оценок по пятибалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» либо «зачет», «незачет».

**Таблица 6 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания**

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>			
		<b>Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля</b>	<b>Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля</b>	<b>Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля</b>	<b>Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля</b>
ПКС-1. Способен разрабатывать математические и информационные модели системы для прикладной задачи, выделять подсистемы и их функции, описывать объекты профессиональной деятельности, используя язык математики, формализовать и алгоритмизировать поставленную задачу.	ИПКС-1.1. Описывает объекты профессиональной деятельности, используя язык математики, использует математические методы для решения прикладных задач.	Изложение учебного материала бессистемное, неполное. Непонимание основ стохастического анализа, что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверхностные знания по стохастическому анализу..Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя. Затруднения при формулировании результатов и их решений	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании

**Таблица 7. Критерии оценивания**

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Учебная литература**

Пугачев В.С.Теория стохастических систем :Учеб.пособие / В.С. Пугачев, И.Н. Синицын. - М. : Логос, 2004. - 1000 с. - Прил.:с.926-981.-Предм.указ.:с.994-999. - Библиогр.:с.982-993. - ISBN 5-94010-199-2 : 270-00.

Миллер Б.М.Теория случайных процессов в примерах и задачах / Б.М. Миллер, А.Р. Панков; Под ред.А.И.Кибзуна. - М. : Физматлит, 2002. - 320 с. - Предм.указ.:с.312-317. - Библиогр.:с.310-311. - ISBN 5-9221-0206-0 : 188-00

Миллер, Б. М. Теория случайных процессов в примерах и задачах : учебное пособие / Б. М. Миллер, А. Р. Панков. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 320 с. — ISBN 978-5-9221-0206-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/48168>.

Емельянов Г.В.Задачник по теории вероятностей и математической статистике :Учеб.пособие / Г.В. Емельянов, В.П. Скитович. - 2-е изд.,степ. - СПб. : Лань, 2007. - 332 с. : ил. - (Учебники для вузов.Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0743-9 : 323-51.

### **Справочно-библиографическая литература.**

— учебники и учебные пособия

Справочник по теории вероятностей и математической статистике / В.С. Королюк [и др.]. - 2-е изд.,перераб.и доп. - М. : Наука.Гл.ред.физ.-

мат.лит., 1985. - 640 с. : ил. - Предм.указ.:с.633-640. - Библиогр.:с.628-632.: ил. - Предм.указ.:с.633-640. - Библиогр.:с.628-632. - 2-50.

Вентцель Е.С. Прикладные задачи теории вероятностей / Е.С.

Вентцель, Л.А. Овчаров. - М. : Радио и связь, 1983. - 416 с. : ил. - Библиогр.:с.415.

Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения : Учебник / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. - 2-е изд.,стер. - М. :Высш.шк., 2000. - 383 с. : ил. - Предм.указ.:с.380-381. - Библиогр.:с.378-379. - ISBN 5-06-003831-9 : 57-20.

Розов А.К. Стохастические дифференциальные уравнения и их применение / А.К. Розов. - 2-е изд.,перераб.и доп. - СПб. : Политехника, 2008. - 303 с. :

Журавлев С.Г.Теория случайных процессов :Учеб.пособие / С.Г. Журавлев, В.В. Аниковский. - М. :Спутник+, 2009. - 159 с

Хрущева И.В. Основы математической статистики и теории случайных процессов :Учеб.пособие / И.В. Хрущева, В.И. Щербаков, Д.С. Леванова. - СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2009. - 332 с

Волков И.К.Случайные процессы : Учебник для втузов / И.К. Волков, С.М. Зуев, Г.М. Цветкова; Под ред.В.С.Зарубина, А.П.Крищенко. - М. : Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2000. - 448 с. : ил. - (Математика в техническом университете.Вып.18).

Тутубалин В.Н. Теория вероятностей и случайных процессов. Основы математического аппарата и прикладные аспекты :Учеб.пособие для вузов / В.Н. Тутубалин. - М. : Изд-во МГУ, 1992. - 400 с.

Липцер Р.Ш. Теория мартингалов / Р.Ш. Липцер, А.Н. Ширяев. - М. : Наука, 1986. - 512 с.

Булинский А.В. Теория случайных процессов / А.В. Булинский, А.Н. Ширяев. - М. : Физматлит; Лаб.Базовых Знаний, 2003. - 400 с. -

### **Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

7.3.1 Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Элек-тронный адрес:

[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_aydit\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf?20).  
Дата обращения 23.09.2015.

7.3.2 Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_organiz\\_samoct\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samoct_rab.pdf?20).

7.3.3 Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г.

[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/provedenie-zanyatiij-sprimeneniem-interakt.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatiij-sprimeneniem-interakt.pdf).

## 8. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

### 8.2 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 7. Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

### Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

**Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Электронная база избранных статей по философии	<a href="http://www.philosophy.ru/">http://www.philosophy.ru/</a>
3	Единый архив экономических и социологических данных	<a href="http://sophist.hse.ru/data_access.shtml">http://sophist.hse.ru/data_access.shtml</a>
4	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	<a href="http://www.ncva.ru">http://www.ncva.ru</a>
5	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
6	Информационно-справочная система «Техсперт»	доступ из локальной сети

## 8 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/>

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

Адаптированные образовательные программы (АОП) в образовательной организации не реализуются в связи с отсутствием в контингенте обучающихся лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), желающих обучаться по АОП. Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при

наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определен в данном разделе.

*В таблице 11 перечислены:*

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;*
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые должны оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГТУ.*

**Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине**

№	Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	1	2	3
1	<b>6421</b> учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации; г. Нижний Новгород, Казанская ул., 12	Комплект демонстрационного оборудования: <ul style="list-style-type: none"><li>• ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе AMD Athlon 2.8 ГГц, 4 Гб ОЗУ, 250 ГБ HDD, монитор 19" – 1шт.</li><li>• Мультимедийный проектор Epson- 1 шт;</li><li>• Экран – 1 шт.;</li><li>• Набор учебно-наглядных пособий</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)</li><li>• Gimp 2.8 (свободное ПО, лицензия GNU GPLv3);</li><li>• Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655);</li><li>• OpenOffice 4.1.1 (свободное ПО, лицензия ApacheLicense 2.0)</li><li>• Adobe Acrobat Reader (FreeWare);</li><li>• 7-zip для Windows (свободно распространяемое ПО, лицензия GNU LGPL);</li><li>• Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19).</li></ul>
	<b>6543</b> компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования	<ul style="list-style-type: none"><li>• Проектор Acer – 1шт;</li><li>• ПК на базе IntelCoreDuo 2.93 ГГц, 2 Гб ОЗУ, 320 ГБ HDD, монитор Samsung 19" – 11 шт..</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14);</li><li>• Microsoft Office (лицензия № 43178972);</li></ul>

	(выполнения курсовых работ), г. Нижний Новгород, Казанская ул., 12)	ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135);</li> <li>• Adobe Acrobat Reader (FreeWare);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободнораспространяемое ПО, лицензия GNULGPL);</li> <li>• Dr.Web (Сертификат № EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19)</li> <li>• КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);</li> <li>Gimp2.8 (свободное ПО, лицензия GNUGPLv3)</li> </ul>
--	---	--	--

## 10 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- балльно-рейтинговая технология оценивания в среде E-learning 4G;

При преподавании дисциплины «Методы стохастического анализа», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

На лекциях, практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встречи студентами, так и современных информационных технологий: электронная почта, ZOOM.

Инициируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и зачета с учетом текущей успеваемости.

## **Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

## **Методические указания по освоению дисциплины на практических работах**

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой практических занятий является решение задач и разбор примеров.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- умение решать типовые задачи;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

Задания к практическим работам описаны в учебном пособии: Кокоулина, М.В. Практикум по высшей математике [Электронные текстовые данные]: Учеб.пособие: В 2-х ч. Ч.1 / Кокоулина М.В., Кольчик И.В., Куркин А.А. и др.; НГТУ им. Р. Е.Алексеева. - Н.Новгород : [Изд-во НГТУ], 2020. - 176 с. - Библиогр.: с.174-175. - ISBN 978-5-502-01366-6. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

## **Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

# 11 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

## Комплект разноуровневых задач и заданий

1. Пусть случайный процесс  $X(w,t)$  задан на вероятностном пространстве  $\{W,F,P\}$ , где:  $W=\{1,2\}$ ,  $F$  – множество всех подмножеств множества  $W$ ,  $P$  приписывает вероятности, равные  $1/2$ , множествам  $\{1\}$  и  $\{2\}$ . Пусть множество значений параметра  $t$  есть отрезок  $[0,1]$  и  $X(w,t)=wt$ . Найти реализации случайного процесса  $X(w,t)$  и его семейство конечномерных распределений.

2. Случайный процесс представляет собой  $x(t)=V$ , где  $V$  – непрерывная случайная величина с плотностью  $p_V(x)$ . Найти одномерную и двумерную плотности распределения процесса.

3. Случайный процесс  $x(t)$  принимает два значения  $+1$  и  $-1$ . Число перемен знаков за время  $t$  подчиняется распределению Пуассона с параметром  $t$ . В начальный момент времени оба значения равновероятны. Найти математическое ожидание, дисперсию и функцию корреляции этого процесса и определить является ли этот процесс стационарным.

4. Случайный процесс  $x(t)$  состоит из горизонтальных отрезков единичной длины, ординаты которых независимые случайные величины с плотностью  $p(x)=\frac{|x|^\alpha}{\Gamma(\alpha+1)}e^{-|x|}$ . Найти математическое ожидание, дисперсию и функцию корреляции процесса  $x(t)$ . Определить, является ли данный процесс стационарным, по крайней мере, в широком смысле.

5.  $U$  и  $V$  независимые случайные величины, равномерно распределенные в интервале  $[a,b]$  и  $[c,d]$  соответственно. Найти математическое ожидание, дисперсию и функцию корреляции процесса  $S(t)=U+Vt$ . Является ли этот процесс стационарным?

6. Найти функцию ковариации процесса виде  $h(t)=x(t)\cos(Bt+f)$ , где  $B$  – неслучайная величина,  $x(t)$  – стационарный случайный процесс с математическим ожиданием  $m$  и функцией ковариации  $K(t)$ ,  $f$  – случайная величина, равномерно распределенная на отрезке  $[0,2\pi]$ ,  $x(t)$  и  $f$  независимые.

7. Найти функцию взаимной ковариации процесса и его второй производной, если процесс  $x(t)$  имеет математическое ожидание равное  $at$  и функцию ковариации  $K_x(t,s)=e^{-(t+s)}$ .

8. Пусть  $h_1(t)$  и  $h_2(t)$  – независимые случайные процессы с корреляционными функциями  $R_1(t,s)$  и  $R_2(t,s)$ , соответственно. Найти корреляционную функцию процесса  $x(t)=h_1(t)h_2(t)$ .

9. Найти математическое ожидание, дисперсию и функцию корреляции случайного процесса  $h(t)=X\cos(t+Y)$ , где  $X$  имеет нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией,  $Y$  – случайная величина, равномерно распределенная на отрезке  $[0,2]$ .

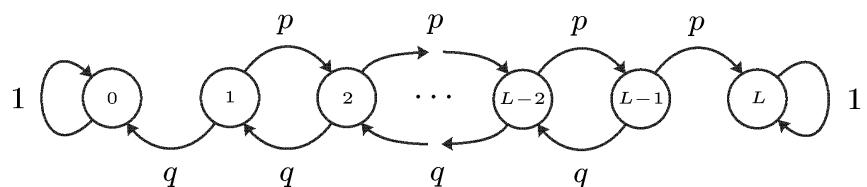
10.

11. Задан однородный марковский процесс  $\{\xi(t), t \geq 0\}$  с переходной вероятностью  $P(x, t, B)$ , имеющей плотность

$$p(x, y, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi t}} \exp\left\{-\frac{(y - x - at)^2}{2t}\right\}$$

Показать, что данный процесс является диффузионным и найти для него коэффициенты сноса и диффузии.

12. Пусть целые числа  $M > 0$  и  $N > 0$  ( $M+N=L$ ) – начальные капиталы соответственно первого и второго игроков. Проводятся последовательно игры, в результате каждой из которых с вероятностью  $p$  капитал первого игрока увеличивается на 1 и с вероятностью  $q=1-p$  капитал первого игрока уменьшается на 1. Результаты любой игры не зависят от результатов любых других игр. Пусть  $S_n$  – капитал первого игрока после  $n$  игр. Предполагается, что в случае  $S_n=0$  или  $S_n=N+M$  игра прекращается (ситуация разорения одного игрока). Построить стохастический граф цепи, провести классификацию состояний и найти переходную матрицу. Найти вероятность разорения первого игрока. Рассмотреть случай, когда один из игроков бесконечно богат. Указание: граф переходов имеет вид:



13. Через фиксированные промежутки времени проводится контроль технического состояния банкомата, который может находиться в одном из

трех состояний:  $S_1$  – работает,  $S_2$  – не работает и ожидает ремонта,  $S_3$  – ремонтируется. Предполагается, что процесс, характеризующий состояние прибора является однородной цепью Маркова с переходной матрицей

$$P = \begin{bmatrix} 0,8 & 0,1 & p_{02} \\ 0,3 & p_{11} & 0,6 \\ p_{20} & 0,01 & 0,29 \end{bmatrix}.$$

Найти неизвестные элементы матрицы  $P$  и вычислить  $P(2)$  при условии, что в начальный момент времени банкомат был исправен. Найти среднее время перехода внутри замкнутого класса.

14. Классифицировать состояния для марковской цепи, заданной матрицей вероятностей переходов  $P_1$ , записать ее в каноническом виде и найти среднее время перехода из одного состояния в другое внутри замкнутого класса (все возможные варианты).

$$P_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad P_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3/4 & 1/4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/8 & 7/8 & 0 & 0 & 0 \\ 1/4 & 1/4 & 0 & 1/8 & 3/8 & 0 \\ 1/3 & 0 & 1/6 & 1/6 & 1/3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$P_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 \\ 0.25 & 0 & 0.25 & 0 & 0.25 & 0.25 \end{bmatrix}; \quad P_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/6 & 5/6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5/8 & 3/8 & 0 & 0 & 0 \\ 1/4 & 1/8 & 0 & 1/8 & 3/8 & 1/8 \\ 1/3 & 0 & 1/6 & 1/6 & 1/3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$15. \quad P_1 = \begin{bmatrix} 1/2 & 1/2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1/4 & 1/4 & 1/4 & 0 & 1/4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/2 & 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/4 & 0 & 1/4 & 1/2 & 0 \end{bmatrix};$$

16. СП $\xi = \{t\}$  удовлетворяет уравнению авторегрессии

$$\xi_n - 0,8 \xi_{n-1} = \varepsilon_n$$

где  $\{\varepsilon_n\}$  – стационарный гауссовский белый шум с параметрами  $m_\varepsilon = 0,2$ ;  $D_\varepsilon = 0,36$ . Вычислить  $P\{0 \leq \xi_n \leq 2\}$ .

17. Спектральная плотность ССП  $\xi = \{t\}$  имеет вид

$$f_\xi(\lambda) = 1,25 + \cos \lambda$$

Найти разностное стохастическое уравнение, которому удовлетворяет  $\xi$ .

18. Определить, являются ли функции ковариационными функциями некоторых стационарных процессов, и, если являются, найти их спектральные плотности.

$$C(t) = \sigma^2 \exp\{-\alpha|t|\} \cos \beta t, \quad \alpha > 0$$

$$C(t) = \sigma^2 \exp\{-\alpha|t|\} (1 + \alpha|t|), \quad \alpha > 0$$

19. Построить формирующий фильтр для центрированного гауссовского стационарного процесса  $x(t)$ , имеющего спектральную плотность

$$f_\xi(\omega) = \frac{D}{\pi} \cdot \frac{(a + \gamma\omega_0)b^2 + (a - \gamma\omega_0)\omega^2}{b^4 + 2(a^2 - \omega_0^2)\omega^2 + \omega^4}$$

$$\text{где } \omega_0 = b^2 - a^2, a > \gamma\omega_0, D > 0$$

20.

Частица блуждает по целым точкам действительной оси под воздействием двух независимых простейших потоков с интенсивностями  $\lambda$  и  $\mu$

следующим образом: если до момента  $t$  частица находилась в состоянии  $n$ , а в момент  $t$  произошло событие из первого потока, то в этот момент частица скачком перемещается в точку  $n + 1$ . Второй поток аналогичным образом

перемещает частицу в состояние  $n - 1$ . Вычислить вероятность того, что очередное перемещение будет совершено из  $n$  в  $n + 1$ .

21. Вычислить стохастический дифференциал Ито для процесса  $\xi(t) = \sin(tw(t))$ .

22. Вычислить стохастический дифференциал Ито для процесса  $\xi(t) = tgt + \sqrt{1 + w^4(t)}$ .

.

23. Вычислить

- $\int_0^t w(s)dw(s);$
- $\int_0^t w^2(s)dw(s);$
- $\int_0^t w^3(s)dw(s);$
- $\int_0^t e^{2w(s)}dw(s);$
- $\int_0^t a \cdot dw(s), \quad a \in R;$
- $\int_0^t s \cdot dw(s);$
- $\int_0^t w^4(s)dw(s);$
- $\int_0^t \sin s \cdot dw(s)$

24. Вычислить  $D\left(\int_0^T \xi(s)dw(s) + \int_0^T \eta(s)dw(s)\right).$

25. Составить дифференциальное стохастическое уравнение для

$$\xi(t) = \sigma e^{-at} \int_0^t e^{as} dw(s).$$

26. Решить дифференциальное стохастическое уравнение  
 $d\xi(t) = \xi(t)dw(t).$

27. Решить дифференциальное стохастическое уравнение  
 $= -(t)dt + e^{-t}$

28. Решить дифференциальное стохастическое уравнение  
 $d\xi(t) = \frac{1}{2}\xi(t)dt + \xi(t)dw(t), \quad \xi(0) = 1.$

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- обсуждение теоретических вопросов;
- решение типовых задач;
- аудиторная проверочная работа;

- экзамен.

## **12.2 Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена**

1. Определение и описание случайного процесса.
2. Статистические средние характеристики случайных процессов.
3. Свойства функции корреляции.
4. Эргодические случайные процессы.
5. Гауссовские случайные процессы.
6. Стационарные случайные процессы
7. Спектральное представление ССП.
8. Цепи Маркова
9. Разностные стохастические уравнения. Модели авторегрессии и скользящего среднего (АРСС-последовательности)
10. Спектральные характеристики АРСС-последовательностей.
11. Многомерные разностные линейные стохастические уравнения..
12. Мартингалы с дискретным временем.
13. Случайные функции. Непрерывность случайных функций.
14. Дифференцирование случайных функций.
15. Интегрирование случайных функций.
16. Стационарные случайные функции. Основные характеристики стационарных случайных функций
17. Мартингалы (непрерывное время). Свойства мартингалов и субмартингалов.
18. Винеровский процесс.
19. Построение интеграла Ито, его свойства
20. Интеграл Стратоновича
21. Связь между интегралом Ито и интегралом Стратоновича
22. Формула Ито замены переменных и ее дальнейшие обобщения
23. Уравнение Ланжевена
24. Стохастические дифференциалы и лемма Ито.
25. Стохастические дифференциальные уравнения
26. Формирующий фильтр для стационарной случайной функции.
27. Фильтр Калмана-Бьюси.
28. Приложения стохастических дифференциальных уравнений
29. Марковские случайные функции с дискретным множеством состояний.  
Потоки событий
30. Процессы рождения и гибели.

### 12.3 Типовые билеты экзамена

Приведены два типовых экзаменационных билета. Полный комплект содержит 25 экзаменационных билетов и находится у преподавателя, ведущего лекции для студентов направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика».

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**им. Р.Е.Алексеева**

---

---

Кафедра «Прикладная математика»  
Дисциплина **Методы стохастического анализа**

## БИЛЕТ №

1. Решить дифференциальное стохастическое уравнение,  $d\xi(t) = a\xi(t)dt + b\xi(t)dw(t)$ ,  $\xi(0) = x_0$
2. Вычислить стохастический дифференциал Ито для процесса  $\xi(t) = \exp\left(\int_0^t s^{-1/4} w(s)dw(s)\right)$
3. Цепи Маркова с дискретным временем

Зав. кафедрой  
Экзаменатор

профессор А.А.Куркин  
доцент Л.В.Шерстнева

Кафедра «Прикладная математика»  
Дисциплина **Методы стохастического анализа**

## БИЛЕТ №

1. Решить дифференциальное стохастическое уравнение

$$d\xi(t) = \frac{1}{2}\xi(t)dt + \xi(t)dw(t), \quad \xi(0) = 1.$$

2. Классифицировать состояния для марковской цепи, заданной матрицей вероятностей переходов  $P_1$ , записать ее в каноническом виде и найти среднее время перехода из одного состояния в другое внутри замкнутого класса (все возможные варианты)

$$P_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 \end{bmatrix}$$

3. Стохастический интеграл в форме Ито. Особенность стохастического интеграла в форме Ито. Стохастический интеграл в форме Стратоновича. Связь интегралов Ито и Стратоновича

Зав. кафедрой  
Экзаменатор

профессор А.А.Куркин  
доцент Л.В.Шерстнева

Полный фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации размещен на кафедре «Прикладная математика» ауд. 1204 по адресу Н.Новгород, ул. Минина, 24 и находится в свободном доступе.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института ИРИТ

“ \_\_\_\_ ” 201 \_\_\_\_ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**  
« Б1.В.ДВ.6.1 Методы стохастического анализа »  
индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров/ специалистов/ магистров

Направление: 01.03.02 Прикладная математика и информатика \_

Направленность: Математическое моделирование и компьютерные технологии

Форма обучения очная

Год начала подготовки: 2021

Курс 4

Семестр 7

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 2019 г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

- 1) .....;
- 2) .....;

.....  
Разработчик (и): Шерстнева Л.В.к.ф.-м.н \_\_\_\_\_  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

« \_\_\_\_ » 2021\_г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Прикладная математика протокол № 9/1 от «4» июня 2021 г.

Заведующий кафедрой д.ф.-м.н.. профессор Куркин А.А. \_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой ПМ \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » 2021\_г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » 2021\_г.