



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ

Начальник учебно-методического управления

С.В. Михайлов

«29» июня 2021г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Компьютерное моделирование случайных процессов

направление подготовки/специальность 01.03.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Прикладная математика и информатика

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2021

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины является изучение методов численного моделирования случайных величин и случайных процессов.

Задачами освоения дисциплины являются:

- изучение основных понятий теории случайных процессов;
- изучение основных методов численного моделирования случайных величин, систем массового обслуживания, случайных процессов;
- изучение процесса Пуассона, процессов с независимыми приращениями, марковских процессов.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 умеет применять фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использовать их в профессиональной деятельности	
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.3 умеет осуществлять выбор методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний	
ОПК-2 Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	ОПК-2.3 умеет выбирать математические методы, адаптировать и использовать их для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	

## 3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.31 основной профессиональной образовательной программы 01.03.02 Прикладная математика и информатика и относится к обязательной части учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Компьютерное моделирование в среде MatLab	ОПК-2.2, ОПК-2.3

Компьютерное моделирование в среде MatLab  
владеть

- навыками работы с математическими пакетами прикладных программ

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Теория стохастических дифференциальных уравнений	ОПК-1.1, ОПК-1.2

**4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			6
<b>Контактная работа</b>	48		48
Лекционные занятия (Лек)	16	0	16
Лабораторные занятия (Лаб)	32	0	32
<b>Иная контактная работа, в том числе:</b>	0,25		0,25
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)			
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))			
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25		0,25
<b>Часы на контроль</b>	26,75		26,75
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	69		69
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>			
<b>часы:</b>	144		144
<b>зачетные единицы:</b>	4		4

**5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Моделирование случайных величин										
1.1.	Основные понятия: случайные величины и их распределения.	6	1				2	6	9	ОПК-1.2	
1.2.	Компьютерное моделирование случайных величин.	6	1				2	6	9	ОПК-1.2	
1.3.	Моделирование дискретных случайных величин.	6	2				4	10	16	ОПК-1.2	
1.4.	Моделирование непрерывных случайных величин.	6	2				4	8	14	ОПК-1.3	

1.5.	Моделирование случайных величин с нормальным распределением.	6	2				6		8	16	ОПК-1.3
1.6.	Вычисление интегралов.	6	2				2		3	7	ОПК-1.3
2.	2 раздел. Моделирование случайных процессов										
2.1.	Моделирование марковских цепей с дискретным временем.	6	1				3		8	12	ОПК-2.3
2.2.	Моделирование марковских цепей с непрерывным временем.	6	1				3		6	10	ОПК-2.3
2.3.	Моделирование систем массового обслуживания (СМО) и вычисление их числовых характеристик. Одноканальная СМО с отказами и др.	6	2				2		6	10	ОПК-2.3
2.4.	Моделирование случайных процессов.	6	2				4		8	14	ОПК-2.3
3.	3 раздел. Контроль										
3.1.	Экзамен	6								27	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.3

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Основные понятия: случайные величины и их распределения.	Основные понятия: случайные величины и их распределения. Определение случайной величины. Дискретные и непрерывные распределения случайных величин. Функция распределения и плотность распределения. Числовые характеристики и их свойства: математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое отклонение.
2	Компьютерное моделирование случайных величин.	Моделирование случайных величин на компьютере. Различные способы получения случайных величин на компьютере. Псевдослучайные числа. Статистическая проверка случайных чисел.
3	Моделирование дискретных случайных величин.	Моделирование дискретных случайных величин. Стандартный алгоритм: моделирование дискретных случайных величин по заданному ряду распределения или по функции распределения. Случаи малого и бесконечного числа значений. Бернуллиевская случайная величина. Геометрическое распределение, биномиальное распределение, распределение Пуассона. Специальные алгоритмы моделирования дискретного распределения.
4	Моделирование непрерывных случайных величин.	Моделирование непрерывных случайных величин. Общие методы. Метод обратной функции. Моделирование случайных величин экспоненциально распределенных с параметром $\lambda$ . Метод суперпозиции. Метод Неймана.
5	Моделирование случайных величин с нормальным распределением.	Нормальное распределение. Плотность и функция распределения нормального распределения. Функция Лапласа. Построение плотности и функции распределения нормального распределения в MATLAB. Вероятность попадания нормально распределенной случайной величины в заданный

		интервал. Правило 3 сигм. Моделирование случайных величин с нормальным распределением. Приближенное моделирование нормальной случайной величины на основе центральной предельной теоремы. Метод Бокса-Мюллера. Моделирование многомерного гауссовского распределения.
6	Вычисление интегралов.	Метод Монте-Карло для вычисления интеграла. Общий метод оценки математических ожиданий: сходимость метода, погрешность метода, вероятная ошибка метода. Простейший метод Монте-Карло для вычисления интеграла. Геометрический метод Монте-Карло.
7	Моделирование марковских цепей с дискретным временем.	Марковские процессы с дискретными состояниями. Марковские цепи. Граф состояний. Классификация состояний. Вероятности состояний. Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и дискретным временем (цепи Маркова). Стационарный режим для цепи Маркова.
8	Моделирование марковских цепей с непрерывным временем.	Марковские процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Описание марковского процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем. Уравнения Колмогорова. Однородные марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Стационарный режим, уравнения для предельных вероятностей.
9	Моделирование систем массового обслуживания (СМО) и вычисление их числовых характеристик. Одноканальная СМО с отказами и др.	Основные виды систем массового обслуживания и их характеристики. Формулы финальных состояний и характеристик эффективности работы для различных видов систем массового обслуживания: простейшая СМО с отказами, простейшая одноканальная СМО с неограниченной очередью, простейшая одноканальная СМО с ограничением по длине очереди, простейшая многоканальная СМО с неограниченной очередью, простейшая многоканальная СМО с ограничением по длине очереди, многоканальная СМО с отказами при простейшем потоке заявок и произвольном времени обслуживания, одноканальная СМО с неограниченной очередью при простейшем потоке заявок и произвольном времени обслуживания, одноканальная СМО при произвольном потоке заявок и произвольном времени обслуживания.
10	Моделирование случайных процессов.	Моделирование случайных процессов. Моделирование пуассоновского процесса, сложного пуассоновского процесса, винеровского процесса, броуновского моста.

## 5.2. Лабораторные работы

№ п/п	Наименование раздела и темы лабораторных работ	Наименование и содержание лабораторных работ
1	Основные понятия: случайные величины и их распределения.	Моделирование случайных величин равномерно распределённых на отрезке $[a, b]$ . Построение плотности и функции распределения, моделирование случайных величин и построение гистограммы распределения. Вычисление числовых характеристик: математического ожидания, дисперсии, среднего квадратического отклонения.
2	Компьютерное моделирование случайных величин.	Алгоритмы моделирования псевдослучайных чисел. Моделирование псевдослучайных чисел, равномерно распределённых на отрезке $[0, 1]$ . Метод Середины квадрата. Метод

		вычетов(метод сравнений, линейный конгруэнтный метод).
3	Моделирование дискретных случайных величин.	Общий метод моделирования дискретной случайной величины. Моделирование дискретных случайных величин а) по заданному закону распределения; б) по заданной функции распределения.
3	Моделирование дискретных случайных величин.	Частный метод моделирования дискретной случайной величины. Моделирование дискретного равномерного распределения.
3	Моделирование дискретных случайных величин.	Частные методы моделирования дискретной случайной величины. Специальные алгоритмы моделирования дискретного распределения: приведение вероятностей к общему знаменателю, метод Уолкера, квантильный метод, бинарный поиск, метод мажорантной частоты. Специальный метод моделирования геометрического распределения с параметром $p$ . Метод браковки для моделирования геометрического распределения с параметром $p$ . Специальный алгоритм моделирования распределения Пуассона с параметром $\lambda$ .
4	Моделирование непрерывных случайных величин.	Метод обратной функции. Моделирование экспоненциального распределения. Моделирование произвольного распределения.
4	Моделирование непрерывных случайных величин.	Метод Неймана. Моделирование непрерывных случайных величин методом Неймана.
5	Моделирование случайных величин с нормальным распределением.	Моделирование случайных величин с нормальным распределением. Моделирование нормального распределения в MATLAB. Встроенные функции <code>randn</code> и функция ошибок <code>erf</code> .
5	Моделирование случайных величин с нормальным распределением.	Приближенное моделирование нормальной случайной величины на основе центральной предельной теоремы. Метод Бокса-Мюллера. Метод на основе центральной предельной теоремы. Преобразование Бокса-Мюллера
5	Моделирование случайных величин с нормальным распределением.	Моделирование многомерного гауссовского распределения. Моделирование случайных векторов, имеющих многомерное нормальное распределение с вектором математических ожиданий и ковариационной матрицей.
6	Вычисление интегралов.	Метод Монте-Карло для вычисления интеграла. Определение площади фигуры методом Монте-Карло.
7	Моделирование марковских цепей с дискретным временем.	Моделирование марковских цепей с дискретным временем. Моделирование траектории марковского процесса. Оценка статистических вероятностей. Определение стационарных вероятностей.
8	Моделирование марковских цепей с непрерывным временем.	Моделирование марковских цепей с непрерывным временем. Интенсивности перехода из одного состояния в другое. Имитирование случайных интервалов между событиями. Моделирование непрерывного марковского процесса с визуализацией на временной диаграмме.
9	Моделирование систем массового обслуживания (СМО) и вычисление их числовых характеристик. Одноканальная СМО с отказами и др.	Моделирование систем массового обслуживания. Моделирование различных видов систем массового обслуживания, определение финальных состояний и характеристик эффективности работы.
10	Моделирование	Моделирование случайных процессов.

	случайных процессов.	Моделирование пуассоновского процесса, сложного пуассоновского процесса, винеровского процесса, броуновского моста.
--	----------------------	---

### 5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Основные понятия: случайные величины и их распределения.	Создание массивов со случайными элементами в MATLAB. Изучение лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе. Рассмотрение встроенных в MATLAB функций rand и randn для создания массивов со случайными элементами. Подготовка к тесту.
2	Компьютерное моделирование случайных величин.	Компьютерное моделирование случайных величин. Изучение лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе.
3	Моделирование дискретных случайных величин.	Алгоритмы моделирования дискретных случайных величин. Изучение лекционного материала. Подготовка к лабораторным работам. Подготовка к тесту.
4	Моделирование непрерывных случайных величин.	Моделирование непрерывных случайных величин. Изучение лекционного материала. Подготовка к лабораторным работам. Подготовка к тесту.
5	Моделирование случайных величин с нормальным распределением.	Нормальное распределение. Изучение лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе.
6	Вычисление интегралов.	Метод Монте-Карло для вычисления интеграла. Изучение лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе.
7	Моделирование марковских цепей с дискретным временем.	Моделирование марковских цепей с дискретным временем. Изучение лекционного материала. Подготовка к лабораторным работам. Подготовка к контрольной работе.
8	Моделирование марковских цепей с непрерывным временем.	Моделирование марковских цепей с непрерывным временем. Изучение лекционного материала. Подготовка к лабораторным работам. Подготовка к контрольной работе.
9	Моделирование систем массового обслуживания (СМО) и вычисление их числовых характеристик. Одноканальная СМО с отказами и др.	Моделирование систем массового обслуживания. Изучение лекционного материала. Подготовка к лабораторным работам.
10	Моделирование случайных процессов.	Моделирование различных случайных процессов. Изучение лекционного материала. Подготовка к лабораторным работам.

## 6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, и лабораторных занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к экзамену.

Залогом успешного освоения дисциплины является обязательное посещение лекционных и лабораторных занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На лабораторных занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется при выполнении заданий.

Приступая к изучению дисциплины, обучающемуся необходимо в первую очередь ознакомиться с содержанием РПД, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к лабораторным занятиям.

При подготовке к лекционным занятиям студенту необходимо:

- ознакомиться с соответствующей темой занятия;
- осмыслить круг изучаемых вопросов и логику их рассмотрения;
- изучить рекомендуемую рабочей программой литературу по данной теме.

При подготовке к лабораторным занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- выполнить практических задания в рамках изучаемой темы;
- ответить на контрольные вопросы по теме, используя материалы ФОС, либо групповые индивидуальные задания, подготовленные преподавателем;
- подготовиться к проверочной работе, предусмотренной в контрольных точках;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины является экзамен. Экзамен проводится по расписанию. Форма проведения занятия может быть устная, письменная и в электронном виде. Студенты, не прошедшие аттестацию, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

## 7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Основные понятия: случайные величины и их распределения.	ОПК-1.2	Устный опрос. Тест.
2	Компьютерное моделирование случайных величин.	ОПК-1.2	Устный опрос
3	Моделирование дискретных случайных величин.	ОПК-1.2	Устный опрос. Тест.
4	Моделирование непрерывных случайных величин.	ОПК-1.3	Устный опрос. Тест.
5	Моделирование случайных величин с нормальным распределением.	ОПК-1.3	Устный опрос



6	Вычисление интегралов.	ОПК-1.3	Устный опрос
7	Моделирование марковских цепей с дискретным временем.	ОПК-2.3	Устный опрос. Контрольная работа.
8	Моделирование марковских цепей с непрерывным временем.	ОПК-2.3	Устный опрос. Контрольная работа.
9	Моделирование систем массового обслуживания (СМО) и вычисление их числовых характеристик. Одноканальная СМО с отказами и др.	ОПК-2.3	Устный опрос.
10	Моделирование случайных процессов.	ОПК-2.3	Устный опрос.
11	Экзамен	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.3	

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Типовые контрольные задания и иные материалы текущего контроля успеваемости размещены по адресу ЭИОС Moodle

<https://moodle.spbgasu.ru/> Кафедры / Информационные технологии / Компьютерное моделирование случайных процессов

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

Оценка «отлично» (зачтено)	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;</li> <li>- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;</li> <li>- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</li> </ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин</li> </ul> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;</li> <li>- владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;</li> <li>- применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий;</li> <li>- грамотно обосновывает ход решения задач;</li> <li>- безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;</li> <li>- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</li> </ul>
-------------------------------	---

<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</p> <p>навыки: - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений</p>
<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи</p> <p>навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине;</p> <p>умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок</p> <p>навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Числовые характеристики и их свойства дискретных случайных величин. Ряд распределения. Многоугольник распределения.
2. Функция распределения и её свойства. Плотность вероятности и её свойства.
3. Равномерное распределение на отрезке  $[a, b]$ . Моделирование случайных величин, равномерно распределённых на отрезке  $[a, b]$  в MATLAB.
4. Общий метод моделирования дискретных случайных величин методом обратной функции.
5. Моделирование дискретного равномерного распределения. Вычисление числовых характеристик.
6. Случаи малого и бесконечного числа значений: моделирование бернуллиевской случайной величины с вероятностью успеха  $p$  ( $N=2$ ), моделирование геометрического распределения, биномиального распределения, распределения Пуассона ( $N$  равняется бесконечности).
7. Специальный алгоритм моделирования дискретного распределения: приведение вероятностей к общему знаменателю.
8. Специальный алгоритм моделирования дискретного распределения: метод Уолкера.
9. Моделирование дискретных случайных величин квантильным методом.
10. Моделирование дискретных случайных величин бинарным поиском.
11. Моделирование дискретных случайных величин методом мажорантной частоты.
12. Специальный метод моделирования геометрического распределения с параметром  $p$ . Метод браковки для моделирования геометрического распределения с параметром  $p$ . Специальный алгоритм моделирования распределения Пуассона с параметром  $\lambda$ .
13. Моделирование непрерывных случайных величин методом обратной (квантильной) функции.
14. Моделирование непрерывных случайных величин методом суперпозиций.
15. Моделирование непрерывных случайных величин методом Неймана.
16. Нормальное распределение со средним  $\mu$  и дисперсией  $\sigma^2$ . Плотность и функция распределения нормального распределения. Функция Лапласа. Построение плотности и функции распределения нормального распределения в MATLAB.
17. Вероятность попадания нормально распределённой случайной величины в заданный интервал. Правило 3 сигм. Моделирование случайных величин с нормальным распределением в MATLAB.
18. Приближенное моделирование нормальной случайной величины на основе центральной предельной теоремы.
19. Метод Бокса-Мюллера.
20. Моделирование многомерного гауссовского распределения.
21. Общий метод оценки математических ожиданий: сходимость метода, погрешность метода, вероятная ошибка метода.
22. Простейший метод Монте-Карло для вычисления интеграла.
23. Геометрический метод Монте-Карло.
24. Моделирование марковских цепей с дискретным временем.
25. Моделирование марковских цепей с дискретными состояниями и непрерывным временем.
26. Процессы с независимыми приращениями.
27. Распределение Пуассона. Процесс Пуассона. Неоднородный процесс Пуассона. Сложный процесс Пуассона.
28. Винеровский процесс.

#### 7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся размещены по адресу ЭИОС Moodle

<https://moodle.spbgasu.ru/> Кафедры / Информационные технологии / Компьютерное моделирование случайных процессов

#### 7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены.

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

В экзаменационный билет включено два теоретических вопроса и практическое задание, соответствующие содержанию формируемых компетенций. Экзамен проводится в устной форме. Для подготовки по экзаменационному билету отводится 60 минут.

#### 7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы	Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка

знания	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-существенные пробелы в знаниях учебного материала;</li> <li>-допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий;</li> <li>-непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-знания теоретического материала;</li> <li>-неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;</li> <li>-неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала;</li> <li>- знания теоретического материала</li> <li>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития;</li> <li>-правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала;</li> <li>-полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий;</li> <li>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории,</li> <li>-логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</li> </ul>
умения	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>

владение навыками	Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.	Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.	Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.	Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.
-------------------	---	--	--	---

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

## 8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<b><u>Основная литература</u></b>		
1	Кацман Ю. Я., Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы, Томск: Томский политехнический университет, 2013	<a href="http://www.iprbookshop.ru/34722.html">http://www.iprbookshop.ru/34722.html</a>
2	Буре В. М., Парилина Е. М., Седаков А. А., Теория вероятностей и вероятностные модели, Б. м.: Лань, 2018	ЭБС
<b><u>Дополнительная литература</u></b>		
1	Шихеева В. В., Теория случайных процессов, Москва: Издательский Дом МИСиС, 2013	ЭБС
2	Матальцкий М. А., Хацкевич Г., Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы, Минск: Вышэйшая школа, 2012	<a href="http://www.iprbookshop.ru/20289.html">http://www.iprbookshop.ru/20289.html</a>

3	Кириянова Л. В., Лемин А. Ю., Мацеевич Т. А., Теория случайных процессов, Москва: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/62635.html">http://www.iprbookshop.ru/62635.html</a>
4	Харламов Б. П., Случайные процессы, СПб., 2015	ЭБС
5	Семенова Т. И., Шакин В. Н., Введение в математический пакет Matlab, Москва: Московский технический университет связи и информатики, 2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/61469.html">http://www.iprbookshop.ru/61469.html</a>

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

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

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Сайт компании MathWorks, выпускающей математический пакет MATLAB	<a href="https://www.mathworks.com/products/matlab.html">https://www.mathworks.com/products/matlab.html</a>
Терёхин В.В. Моделирование в системе MATLAB. Часть 1. Основы работы в MATLAB: Практическое пособие	<a href="http://window.edu.ru/resource/192/56192/files/nkfi12.pdf">http://window.edu.ru/resource/192/56192/files/nkfi12.pdf</a>

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

Наименование	Электронный адрес ресурса
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/">https://moodle.spbgasu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	<a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "IPRbooks"	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Федеральный образовательный портал "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	<a href="http://www.spbgasu.ru">www.spbgasu.ru</a>

#### 8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Microsoft Windows 10 Pro	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.
Microsoft Office 2016	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.

Matlab версия R2019a	MATLAB договор №Д31908369487 от 01.11.2019 с ООО "Софтлайн Проекты"
----------------------	---

#### 8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

##### Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
47. Компьютерный класс	Рабочие места с ПК (стол компьютерный, системный блок, монитор, клавиатура, мышь), стол рабочий, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Internet.
47. Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016
47. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска маркерная белая эмалевая, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.
47. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Учебная аудитория для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска маркерная белая эмалевая, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.