

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Факультет математики и информационных технологий
Кафедра теории упругости и вычислительной математики
имени академика А.С. Космодамианского

УТВЕРЖДАЮ

проректор



П.А. Машаров

« 29 » марта 2024 г.

МП



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Укрупненная группа направлений
подготовки

Программа высшего образования
Направление подготовки

Профиль подготовки

Квалификация

Форма обучения

01.00.00 Математика и механика

Программа бакалавриата

01.03.02 Прикладная математика и
информатика

Прикладная математика и информатика

Бакалавр

Очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Случайные процессы» для обучающихся по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: Прикладная математика и информатика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018 г. № 9 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:

доцент кафедры теории упругости
и вычислительной математики
им. акад. А.С. Космодамианского,
канд. физ.-мат. наук



А.Б. Мироненко

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики им. акад. А.С. Космодамианского.
Протокол от 26.03.2024 г. № 10

Врио заведующего кафедрой



Р.Н. Нескородев

СОГЛАСОВАНО:

Декан факультета математики и
информационных технологий
28.03.2024 г.



И.А. Моисеенко

Учебно-методическая комиссия факультета математики и информационных технологий.
Протокол от 27.03.2024 г. № 3.
Председатель



Л. И. Селякова

Руководитель основной профессиональной
образовательной программы,
д-р физ.-мат. наук, доцент
26.03.2024 г.



Р.Н. Нескородев

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной дисциплины программы бакалавриата: Теория вероятностей и математическая статистика, Математический анализ.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:
Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика (обязательная), Производственная практика: преддипломная практика (обязательная), используется при написании выпускной квалификационной работы.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	01.03.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: Прикладная математика и информатика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.16 Случайные процессы
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	3 / 108

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекци- онных	лабора- торных	практи- ческих	самостоя- тельной работы + контроль	Всего	
Очная	4	8	12	24	–	72	108	зачет

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение основных понятий и методов теории случайных процессов, которые используются в качестве математических моделей широкого круга явлений в технике, экономике, физике и других разделах естествознания.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-3 Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в	ОПК-3.3. Применяет математические модели случайных процессов для решения	ОПК-3.3.1. Знает основные понятия, определения, формулировки теорем; общие свойства случайных процессов; особенности и важнейшие характеристики различных классов случайных процессов; Гауссовский случайный процесс и его свойства; Пуассоновский процесс

<p>области профессиональной деятельности</p>	<p>практических задач в профессиональной деятельности.</p>	<p>и его свойства; обобщенный процесс Пуассона; Винеровский процесс и его свойства; марковские случайные процессы; немарковские случайные процессы; случайные процессы с независимыми приращениями; ковариационные функции; многомерное Гауссовское распределение; многомерный винеровский процесс; основные понятия систем массового обслуживания (СМО); классификацию систем массового обслуживания; СМО с фиксированной очередью; основные характеристики механизма обслуживания; формулы Эрланга для стационарного режима СМО с отказами; одноканальную СМО с отказами; многоканальную СМО с отказами; одноканальную и многоканальную СМО с ограниченной и неограниченной очередями; одноканальную и многоканальную СМО с ограничением на время ожидания в очереди; многоканальные СМО со взаимопомощью между каналами типа «все как один» с отказами, с ограниченной и неограниченной очередью; многоканальные СМО с равномерной взаимопомощью между каналами с отказами, с ограниченной и неограниченной очередью; одноканальную и многоканальную замкнутые СМО.</p> <p>ОПК-3.3.2. Умеет определять типы потоков и классифицировать СМО; устанавливать связи между различными результатами и свойствами случайных процессов и других стохастических моделей; рассчитывать цепи Маркова для стационарного режима; проверять поток требований на принадлежность к простейшим; вычислять математическое ожидание и дисперсию случайного процесса; вычислять спектральную плотность случайного процесса; вычислять вероятностные характеристики времени обслуживания; вычислять вероятности состояний СМО с отказами; вычислять показатели эффективности СМО с ожиданием в очереди ограниченной длины; вычислять вероятностные характеристики времени ожидания в СМО с неограниченной очередью; вычислять вероятностные характеристики цепей Маркова; вычислять показатели эффективности функционирования СМО с отказами; вычислять среднее время ожидания начала обслуживания в СМО с неограниченной очередью; вычислять среднюю длину очереди в СМО с неограниченной очередью; вычислять показатели эффективности СМО с ожиданием в</p>
--	--	---

		<p>неограниченной очереди; строить распределение вероятностей величины максимального смещения броуновской частицы за фиксированное время; строить распределение вероятностей момента первого достижения броуновской частицей некоторой точки; строить вероятностное распределение промежутка времени между требованиями в простейшем потоке; решать задачи вычислительного и теоретического характера в области случайных процессов; применять математический аппарат рассматриваемой теории, в том числе подходы методы для анализа и построения моделей при решении различных прикладных задач.</p> <p>ОПК-3.3.3. Владеет навыками классификации случайных процессов; линейных и нелинейных преобразований случайных процессов; дифференцирования и интегрирования случайных функций; применения марковских процессов к задачам массового обслуживания; математического описания случайных процессов и их моделирование при решении прикладных задач; практического применения теории массового обслуживания и методикой расчета показателей эффективности функционирования СМО.</p>
--	--	--

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Основы теории случайных процессов	
Случайные процессы и их вероятностные характеристики.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Понятия случайного процесса. 2. Классификация случайных процессов. 3. Стационарные и стационарно связанные случайные процессы. 4. Математическое ожидание и дисперсия случайного процесса. 5. Корреляционная функция случайного процесса. 6. Линейные и нелинейные преобразования случайных процессов 7. Дифференцирование и интегрирование случайных процессов (функций)
Гауссовский и Пуассоновский случайные процессы.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гауссовский случайный процесс. 2. Ковариационные функции. 3. Многомерное Гауссовское распределение. 4. Процесс Пуассона. 5. Свойства Пуассоновского процесса. 6. Обобщенный процесс Пуассона. 7. Пуассоновский поток событий.

Винеровский процесс.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Процесс броуновского движения и его свойства. 2. Функционалы от винеровского процесса. 3. Распределение вероятностей величины максимального смещения броуновской частицы за фиксированное время. 4. Распределение вероятностей момента первого достижения броуновской частицей некоторой точки. 5. Многомерный винеровский процесс.
Марковские случайные процессы.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие Марковской цепи. Примеры. 2. Дискретный Марковский процесс. 3. Понятие о непрерывном Марковском процессе 4. Вероятностные характеристики цепей Маркова. 5. Уравнения Колмогорова–Чепмена. 6. Эргодическая теорема для цепей Маркова. 7. Расчет цепи Маркова для стационарного режима 8. Немарковские случайные процессы.
Раздел 2. Теория массового обслуживания	
Системы массового обслуживания (СМО)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация СМО. 2. Входящий поток требований и процесс обслуживания. 3. Вероятностное распределение числа требований в простейшем потоке. 4. Вероятностное распределение промежутка времени между требованиями в простейшем потоке. 5. Характеристики механизма обслуживания. 6. Вероятностные характеристики времени обслуживания. 7. Процесс гибели и размножения.
Практическое применение теории массового обслуживания.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Одноканальная СМО с отказами 2. Многоканальная СМО с отказами (задача Эрланга) 3. СМО с ограниченной очередью 4. СМО с ожиданием в очереди неограниченной длины 5. СМО с ограничением на время ожидания в очереди 6. Многоканальные СМО со взаимопомощью между каналами типа «все как один» 7. Многоканальные СМО с равномерной взаимопомощью между каналами 8. Замкнутые СМО (системы Энгсета).

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 8

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Основы теории случайных процессов	8	16	–	40	64
Случайные процессы и их вероятностные характеристики.	2	4	–	10	16
Гауссовский и Пуассоновский случайные процессы.	2	4	–	10	16
Винеровский процесс.	2	4	–	10	16
Марковские случайные процессы.	2	4	–	10	16
Раздел 2. Теория массового обслуживания	4	8	–	32	44
Системы массового обслуживания (СМО)	2	4	–	16	22
Практическое применение теории массового обслуживания.	2	4	–	16	22
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	12	24	–	72	108

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Определение случайной функции.
2. Определение случайного процесса.
3. Построение плотности распределения вероятностей случайного процесса по ансамблю реализаций.
4. Основные свойства плотности распределения вероятностей случайного процесса.
5. Основные свойства функции распределения вероятностей случайного процесса.
6. Моментные функции случайных процесса.
7. Условная плотность распределения вероятностей случайного процесса.
8. Стационарность случайных процессов.
9. Корреляционная функция и ее свойства.
10. Коэффициент корреляции и интервал корреляции.
11. Определение Гауссовского случайного процесса.
12. Ковариационные функции.
13. Многомерное Гауссовское распределение.
14. Прогноз гауссовского процесса.
15. Пуассоновский процесс.
16. Процесс радиоактивного распада.
17. Свойства Пуассоновского процесса.
18. Обобщенный процесс Пуассона.
19. Винеровский процесс.
20. Процесс броуновского движения и его свойства.
21. Случайное блуждание броуновской частицы.
22. Функционалы от винеровского процесса.
23. Распределение вероятностей величины максимального смещения броуновской частицы за фиксированное время.
24. Распределение вероятностей момента первого достижения броуновской частицей некоторой точки.
25. Многомерный винеровский процесс.

26. Марковские случайные процессы.
27. Понятие Марковской цепи.
28. Дискретный Марковский процесс.
29. Непрерывный Марковский процесс
30. Вероятностные характеристики цепей Маркова.
31. Немарковские случайные процессы.

Раздел 2

32. Основные понятия СМО.
33. Показатели эффективности функционирования СМО.
34. Классификация СМО.
35. СМО с фиксированной очередью (задачи упорядочения).
36. Практическое применение теории массового обслуживания.
37. Процесс гибели и размножения.
38. Типы потоков требований в СМО.
39. Вероятностное распределение числа требований в простейшем потоке.
40. Проверка потока требований на принадлежность к простейшим.
41. Вероятностное распределение промежутка времени между требованиями в простейшем потоке.
42. Характеристики механизма обслуживания.
43. Вероятностные характеристики времени обслуживания.
44. Вероятности состояний СМО с отказами
45. Формулы Эрланга для стационарного режима СМО с отказами
46. Показатели эффективности функционирования СМО с отказами
47. Одноканальная СМО с отказами
48. Многоканальная СМО с отказами (задача Эрланга)
49. Вероятности состояний СМО с ожиданием в очереди ограниченной длины.
50. Стационарное решение уравнений Колмогорова
51. Показатели эффективности СМО с ожиданием в очереди ограниченной длины
52. Одноканальная СМО с ограниченной очередью
53. Многоканальная СМО с ограниченной очередью
54. Уравнения Колмогорова для СМО с ожиданием в неограниченной очереди
55. Вероятностные характеристики времени ожидания в СМО с неограниченной очередью
56. Среднее время ожидания начала обслуживания в СМО с неограниченной очередью
57. Средняя длина очереди в СМО с неограниченной очередью
58. Показатели эффективности СМО с ожиданием в неограниченной очереди
59. Одноканальная СМО с неограниченной очередью
60. Многоканальная СМО с неограниченной очередью
61. Одноканальная СМО с «нетерпеливыми» заявками и ограничением на время ожидания в очереди
62. Многоканальная СМО с «нетерпеливыми» заявками и ограничением на время ожидания в очереди.
63. Многоканальные СМО со взаимопомощью между каналами типа «все как один» и отказами.
64. 2 Многоканальные СМО со взаимопомощью между каналами типа «все как один» и неограниченной очередью.
65. 3 Многоканальные СМО со взаимопомощью между каналами типа «все как один» и ограниченной очередью.
66. Многоканальные СМО с равномерной взаимопомощью между каналами и отказами.

67. Многоканальные СМО с равномерной взаимопомощью между каналами и неограниченной очередью.

68. Многоканальные СМО с равномерной взаимопомощью между каналами и ограниченной очередью.

69. Замкнутые СМО (системы Энгсета).

70. Одноканальная замкнутая СМО.

71. Многоканальная замкнутая СМО.

7.2. Темы рефератов

1. Вероятности состояний СМО с отказами
2. Формулы Эрланга для стационарного режима СМО с отказами
3. Показатели эффективности функционирования СМО с отказами
4. Одноканальная СМО с отказами
5. Многоканальная СМО с отказами (задача Эрланга)
6. Вероятности состояний СМО с ожиданием в очереди ограниченной длины
7. Стационарное решение уравнений Колмогорова
8. Показатели эффективности СМО с ожиданием в очереди ограниченной длины
9. Одноканальная СМО с ограниченной очередью
10. Многоканальная СМО с ограниченной очередью
11. Уравнения Колмогорова для СМО с ожиданием в неограниченной очереди
12. Вероятностные характеристики времени ожидания в СМО с неограниченной очередью
13. Среднее время ожидания начала обслуживания в СМО с неограниченной очередью
14. Средняя длина очереди в СМО с неограниченной очередью
15. Показатели эффективности СМО с ожиданием в неограниченной очереди
16. Одноканальная СМО с неограниченной очередью
17. Многоканальная СМО с неограниченной очередью
18. Одноканальная СМО с «нетерпеливыми» заявками и ограничением на время ожидания в очереди.
19. Многоканальная СМО с «нетерпеливыми» заявками и ограничением на время ожидания в очереди.
20. Многоканальные СМО со взаимопомощью между каналами типа «все как один» и отказами.
21. Многоканальные СМО со взаимопомощью между каналами типа «все как один» и неограниченной очередью.
22. Многоканальные СМО со взаимопомощью между каналами типа «все как один» и ограниченной очередью.
23. Многоканальные СМО с равномерной взаимопомощью между каналами и отказами.
24. Многоканальные СМО с равномерной взаимопомощью между каналами и неограниченной очередью.
25. Многоканальные СМО с равномерной взаимопомощью между каналами и ограниченной очередью.
26. Одноканальная замкнутая СМО
27. Многоканальная замкнутая СМО

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий,

своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Лабораторные работы	15
	Самостоятельная работа	5
2	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Лабораторные работы	15
	Самостоятельная работа	5
Реферат		30
ИТОГО		80
Зачет		20
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
 - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа;
 - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
 - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - в печатной форме увеличенным шрифтом;
 - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в Главном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Гурова, 6), в Учебно-практическом вычислительном центре ДонГУ (г. Донецк, пр. Гурова, 6, корпус 12).

Для проведения лекций требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской / сенсорным экраном / мультимедийный проектор с экраном и ноутбуком, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя.

Для проведения практических занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской / сенсорным экраном / мультимедийный проектор с экраном и ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя.

Для проведения лабораторных занятий требуется аудитория, оборудованная маркерной доской или сенсорным экраном / мультимедийный проектор с экраном и ноутбук, персональные компьютеры, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в аудиториях Главного корпуса (ауд. 511, 605, 610).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

11.1. Основная литература

1. Вентцель, Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения : учеб. пособие для студентов втузов / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – 3 изд. – Москва: ACADEMIA, 2003. – 427 с.
2. Тихонов, В.И. Случайные процессы. Примеры и задачи : учеб. пособие для студентов вузов : [В 4 т.]. Т. 1 : Случайные величины и процессы / В.И. Тихонов, Б.И. Шахтарин, В.В. Сизых ; Под ред. В.В. Сизых. – М. : Радио и связь, 2003. – 399 с.
3. Тихонов, В.И. Случайные процессы. Примеры и задачи : учеб. пособие для студентов вузов : [В 4 т.]. Т. 2 : Линейные и нелинейные преобразования / В.И. Тихонов, Б.И. Шахтарин, В.В. Сизых ; Под ред. В.В. Сизых. – М. : Радио и связь, 2004. – 399 с.
4. Самусевич Г.А. Основы теории массового обслуживания: учебное пособие / Г.А. Самусевич. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 102 с.
5. Романенко, В.А. Системы и сети массового обслуживания: учебное пособие / В.А. Романенко. – Самара: Издательство Самарского университета, 2021. – 68 с.
6. Черушева, Т.В. Теория массового обслуживания : учеб. пособие / Т. В. Черушева, Н.В. Зверовщикова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2021. – 224 с.
7. Солнышкина, И.В. Теория систем массового обслуживания : учеб. пособие / И.В. Солнышкина. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КиАГТУ», 2015. – 76 с.

11.2. Дополнительная литература

8. Розанов, Ю.А. Введение в теорию случайных процессов : учеб. пособие для физ.-мат. специальностей вузов / Ю.А. Розанов. – М : Наука, 1982. – 128 с.
9. Тутубалин, В. Н. Теория вероятностей и случайных процессов. Основы математического аппарата и прикладные аспекты : учеб. пособие для физ.-мат. и физ.-техн. спец. вузов. – М. : Изд-во МГУ, 1992. – 394 с.

12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.
2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. –Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/>

(дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).