

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
«17» апреля 2025 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ДИСКРЕТНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Укрупненная группа направлений подготовки	01.00.00 Математика и механика
Программа высшего образования	Программа магистратуры
Направление подготовки	01.04.02 Прикладная математика и информатика
Направленность (профиль) образовательной программы	Статистика
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа может быть адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины «**Дискретные математические модели**» для обучающихся по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: Статистика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018 г. № 13 (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 2025 года.

Разработчик:

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

А. И. Мирончук

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики им. акад. А.С. Космодамианского.
Протокол от 03.04.2025 г. № 10.

И.о. заведующего кафедрой

И. А. Моисеенко

СОГЛАСОВАНО:

Декан факультета математики и
информационных технологий
16.04.2025 г.

И. А. Моисеенко

Учебно-методическая комиссия факультета математики и информационных технологий.
Протокол от 16.04.2025 г. № 3.
Председатель

Л. И. Селякова

Руководитель основной образовательной
программы, д-р пед. наук, проф.
03.04.2025 г.

А. И. Дзундза

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

предметы программы среднего общего образования: Математика, Алгебра и начала математического анализа, Геометрия, Информатика;

дисциплины программы бакалавриата: Алгоритмы и структуры данных, Теория вероятностей и математическая статистика, Случайные процессы.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Нечеткое моделирование и методы обработки нечетких данных.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	01.04.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: Статистика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б. Дискретные математические модели
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	4 / 144

В случае предъявления от обучающегося или его родителя (законного представителя) заявления на обучение по адаптированной образовательной программе высшего образования, подкрепленного заключением психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) или медико-социальной экспертизы (МСЭ) с рекомендациями создания индивидуальной программы реабилитации и абилитации (ИПРА), данная рабочая программа может быть адаптирована с учетом индивидуальных особенностей здоровья обучающегося.

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	1	1	17	17	34	76	144	экзамен
Очная, всего			17	17	34	76	144	

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Ознакомление студентов со свойствами моделируемых объектов и формирование у них представлений о теоретических основах дискретных математических моделей и об областях их практического применения. Усвоение теоретических основ и практических навыков использования методов построения и анализа ряда основных классов дискретных математических моделей – моделей систем массового обслуживания и моделей сетей массового обслуживания.

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

4.1. Компетенции

ОПК-2. Способен совершенствовать и реализовывать математические методы решения прикладных задач

ОПК-3. Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности

4.2. Индикаторы компетенций

ОПК-2.1. Оценивает достоинства и недостатки применения конкретных методов для решения поставленных прикладных задач, аргументированно обосновывая критерии оценки и сравнения методов

ОПК-3.1. Разрабатывает и исследует полученные математические модели конкретных задач в области профессиональной деятельности

4.3. Результаты обучения

ОПК-2.1.1. Знает как проводить на практике критический анализ проблемных ситуаций.

ОПК-2.1.2. Умеет проводить на практике критический анализ проблемных ситуаций.

ОПК-2.1.3. Умеет решать задачи с опорой на имеющийся материал

ОПК-2.1.4. Умеет строить алгоритм решения задач с опорой на имеющийся материал

ОПК-2.1.5. Владеет навыками и приобретает опыт достижения цели в данной предметной области.

ОПК-3.1.1. Владеет навыками аргументированного обоснования выбора эффективного метода решения актуальной конкретной задачи

ОПК-3.1.2. Умеет доказывать теоремы, необходимые для решения поставленных задач

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Общие вопросы концепции теоретического моделирования	
Общие понятия теории систем	Понятия системы и комплекса. Структура и функция. Организация. Свойства систем. Эффективность. Параметры и характеристики. Процесс. Классификация систем и процессов.
Общие понятия теории моделирования	Основные требования к модели. Классификация моделей. Параметризация моделей.
Общая характеристика задач моделирования	Разработка модели. Анализ характеристик. Синтез системы. Детальный анализ синтезированной системы
Общая характеристика методов моделирования	Аналитические методы. Численные методы.

	Статистические методы. Комбинированные методы
Случайные величины – основные понятия и определения	Событие, вероятность. Случайная величина. Законы распределений случайных величин. Закон распределения дискретной случайной величины. Закон распределения непрерывной случайной величины. Числовые характеристики случайных величин. Начальные моменты. Центральные моменты
Производящая функция и типовые распределения случайных величин	Производящая функция и преобразование Лапласа. Производящая функция. Преобразование Лапласа. Типовые распределения случайных величин. Распределение Пуассона. Геометрическое распределение. Равномерный закон распределения. Экспоненциальный закон распределения. Распределение Эрланга. Нормированное распределение Эрланга. Гиперэкспоненциальное распределение. Гиперэрланговское распределение
Раздел 2. Модели систем массового обслуживания	
Основные понятия теории систем массового обслуживания	Система массового обслуживания. Сеть массового обслуживания. Поток заявок. Длительность обслуживания заявок. Стратегии управления потоками заявок.
Классификация и характеристики систем массового обслуживания	Классификация моделей массового обслуживания. Базовые модели. Сетевые модели. Параметры и характеристики СМО. Параметры СМО. Обозначения СМО (символика Кендалла).
Режимы функционирования систем массового обслуживания	Режимы функционирования СМО. Характеристики СМО с однородным потоком. Характеристики СМО с неоднородным потоком заявок.
Параметры и характеристики сетей массового обслуживания	Параметры и характеристики СеМО. Параметры СеМО. Режимы функционирования СеМО. Характеристики СеМО.
Аналитическое моделирование одноканальных систем массового обслуживания	Одноканальные СМО с однородным потоком заявок. Характеристики экспоненциальной СМО М/М/1.

	<p>Характеристики неэкспоненциальной СМО М/G/1.</p> <p>Характеристики неэкспоненциальной СМО G/M/1.</p> <p>Характеристики СМО общего вида G/G/1.</p> <p>Анализ свойств одноканальной СМО.</p>
Многоканальные системы массового обслуживания с однородным потоком заявок	<p>Характеристики многоканальной СМО М/М/К.</p> <p>Анализ свойств многоканальной СМО.</p>
Одноканальные системы массового обслуживания с неоднородным потоком заявок	<p>Одноканальные СМО с неоднородным потоком заявок.</p> <p>Характеристики и свойства ДО БП.</p> <p>Характеристики и свойства ДО ОП.</p> <p>Характеристики и свойства ДО АП.</p> <p>Законы сохранения.</p>
Разомкнутые сети массового обслуживания с однородным потоком заявок	<p>Разомкнутые экспоненциальные СеМО с однородным потоком заявок.</p> <p>Описание разомкнутых.</p> <p>Расчет коэффициентов передач и интенсивностей потоков заявок в узлах РССеМО.</p> <p>Проверка условия отсутствия перегрузок в СеМО.</p> <p>Расчет узловых характеристик РССеМО.</p> <p>Расчет сетевых характеристик РССеМО.</p> <p>Анализ свойств разомкнутых СеМО.</p>
Замкнутые сети массового обслуживания с однородным потоком заявок	<p>Замкнутые экспоненциальные СеМО с однородным потоком заявок.</p> <p>Описание замкнутых СеМО.</p> <p>Расчет коэффициентов передач в узлах ЗСеМО.</p> <p>Расчет характеристик ЗСеМО.</p> <p>Анализ свойств замкнутых СеМО.</p>
Элементы теории численного моделирования и случайных процессов	<p>Численное моделирование (модели случайных процессов).</p> <p>Понятие случайного процесса.</p> <p>Случайные процессы с дискретными состояниями.</p> <p>Понятие марковского случайного процесса.</p> <p>Параметры марковского случайного процесса.</p> <p>Характеристики марковского случайного процесса.</p> <p>Методы расчета марковских моделей.</p> <p>Эргодическое свойство случайных процессов.</p> <p>Марковские процессы с дискретным временем.</p> <p>Марковские процессы с непрерывным временем.</p>
Марковские модели систем массового обслуживания. Вариации марковских моделей систем массового обслуживания	<p>Одноканальная СМО без накопителя (М/М/1/0).</p> <p>Многоканальная СМО без накопителя (М/М/N/0).</p> <p>Одноканальная СМО с накопителем</p>

	ограниченной емкости (М/М/1/r). Одноканальная СМО с накопителем неограниченной емкости (М/М/1). Многоканальная СМО с накопителем ограниченной ёмкости (М/М/2/1). Одноканальная СМО с неоднородным потоком заявок и относительными приоритетами
--	---

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 1, семестр – 1

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Общие вопросы концепции теоретического моделирования	6	6	12	36	60
Общие понятия теории систем	1	1	2	6	10
Общие понятия теории моделирования	1	1	2	6	10
Общая характеристика задач моделирования	1	1	2	6	10
Общая характеристика методов моделирования	1	1	2	6	10
Случайные величины – основные понятия и определения	1	1	2	6	10
Производящая функция и типовые распределения случайных величин	1	1	2	6	10
Раздел 2. Модели систем массового обслуживания	11	11	22	40	84
Основные понятия теории систем массового обслуживания	1	1	2	4	8
Классификация и характеристики систем массового обслуживания	1	1	2	4	8
Режимы функционирования систем массового обслуживания	1	1	2	4	8
Параметры и характеристики сетей массового обслуживания	1	1	2	3	7
Аналитическое моделирование одноканальных систем массового обслуживания	1	1	2	3	7
Многоканальные системы массового обслуживания с однородным потоком заявок	1	1	2	3	7
Одноканальные системы массового обслуживания с неоднородным потоком заявок	1	1	2	3	7
Разомкнутые сети массового обслуживания с однородным потоком заявок	1	1	2	4	8
Замкнутые сети массового обслуживания с однородным потоком заявок	1	1	2	4	8
Элементы теории численного	1	1	2	4	8

моделирования и случайных процессов					
Марковские модели систем массового обслуживания. Вариации марковских моделей систем массового обслуживания	1	1	2	4	8
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	17	17	34	76	144

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

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Понятия системы и комплекса. Структура и функция. Организация. Свойства систем.
2. Эффективность. Параметры и характеристики. Процесс. Классификация систем и процессов.
3. Основные требования к модели. Классификация моделей. Параметризация моделей.
4. Разработка модели. Анализ характеристик. Синтез системы. Детальный анализ синтезированной системы
5. Аналитические методы. Численные методы. Статистические методы. Комбинированные методы
6. Событие, вероятность. Случайная величина Законы распределений случайных величин.
7. Закон распределения дискретной случайной величины. Закон распределения непрерывной случайной величины.
8. Числовые характеристики случайных величин. Начальные моменты. Центральные моменты.
9. Производящая функция и преобразование Лапласа. Производящая функция. Преобразование Лапласа. Типовые распределения случайных величин. Распределение Пуассона. Геометрическое распределение.
10. Равномерный закон распределения. Экспоненциальный закон распределения. Распределение Эрланга. Нормированное распределение Эрланга.
11. Гиперэкспоненциальное распределение. Гиперэрланговское распределение.

Раздел 2

12. Система массового обслуживания. Сеть массового обслуживания. Поток заявок. Длительность обслуживания заявок. Стратегии управления потоками заявок.
13. Классификация моделей массового обслуживания. Базовые модели. Сетевые модели. Параметры и характеристики СМО. Параметры СМО. Обозначения СМО (символика Кендалла).
14. Режимы функционирования СМО. Характеристики СМО с однородным потоком. Характеристики СМО с неоднородным потоком заявок.
15. Параметры и характеристики СеМО. Параметры СеМО. Режимы функционирования СеМО. Характеристики СеМО.
16. Одноканальные СМО с однородным потоком заявок.
17. Характеристики экспоненциальной СМО М/М/1.
18. Характеристики неэкспоненциальной СМО М/Г/1.
19. Характеристики неэкспоненциальной СМО Г/М/1.
20. Характеристики СМО общего вида Г/Г/1.
21. Анализ свойств одноканальной СМО.
22. Характеристики многоканальной СМО М/М/К. Анализ свойств многоканальной СМО.

23. Одноканальные СМО с неоднородным потоком заявок.
24. Характеристики и свойства ДО БП. Характеристики и свойства ДО ОП.
25. Характеристики и свойства ДО АП. Законы сохранения.
26. Разомкнутые экспоненциальные СеМО с однородным потоком заявок.
27. Расчет коэффициентов передач и интенсивностей потоков заявок в узлах РССеМО.
28. Проверка условия отсутствия перегрузок в СеМО.
29. Расчет узловых характеристик РССеМО.
30. Расчет сетевых характеристик РССеМО.
31. Анализ свойств разомкнутых СеМО.
32. Замкнутые экспоненциальные СеМО с однородным потоком заявок. Описание замкнутых СеМО.
33. Расчет коэффициентов передач в узлах ЗСеМО.
34. Расчет характеристик ЗСеМО. Анализ свойств замкнутых СеМО.
35. Численное моделирование (модели случайных процессов).
36. Понятие случайного процесса. Случайные процессы с дискретными состояниями.
37. Понятие марковского случайного процесса. Параметры марковского случайного процесса.
38. Характеристики марковского случайного процесса. Методы расчета марковских моделей.
39. Эргодическое свойство случайных процессов. Марковские процессы с дискретным временем. Марковские процессы с непрерывным временем.
40. Одноканальная СМО без накопителя (М/М/1/0).
41. Многоканальная СМО без накопителя (М/М/Н/0).
42. Одноканальная СМО с накопителем ограниченной емкости (М/М/1/г).
43. Одноканальная СМО с накопителем неограниченной емкости (М/М/1).
44. Многоканальная СМО с накопителем ограниченной ёмкости (М/М/2/1).
45. Одноканальная СМО с неоднородным потоком заявок и относительными приоритетами.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

Контрольные работы по практике темам:

- построение графика функции распределения дискретной случайной величины;
- вычисление математического ожидания, дисперсии, второго начального момента, среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации случайной величины;
- построение графика плотности и функции распределения непрерывной случайной величины;
- вычисление вероятности того, что случайная величина принимает определенные значения.

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

7.3. Образец содержания экзаменационного билета

1. Что понимают под моделированием. Приведите несколько примеров известных в вычислительной технике объектов моделирования.
2. Дискретная случайная величина X принимает значения: 1, 2, 3 с вероятностями 0.2, 0.3, 0.5 соответственно.
 - 1) Нарисовать график функции распределения дискретной случайной величины X .

- 2) Вычислить математическое ожидание, дисперсию, второй начальный момент, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации случайной величины X .

Дано: $x_1 = 1$; $x_2 = 2$; $x_3 = 1$; $p_1 = 0,2$; $p_2 = 0,3$; $p_3 = 0,5$.

Требуется:

- 1) нарисовать $F(x)$;
- 2) вычислить $M[X]$, $D[X]$, $\alpha_2[X]$, $\sigma[X]$, $v[X]$.

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

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.).

Самостоятельная работа оценивается на основе предоставленных на проверку выполненных домашних, индивидуальных заданий с учетом своевременности их предоставления и соответствия требованиям к их выполнению.

Количество баллов за контрольную работу вычисляется как сумма баллов за все входящие в её состав задания. Каждое задание оценивается исходя из максимально возможного количества баллов с учетом правильности выполнения задания, полноты приводимых обоснований.

По результатам работы в семестре обучающийся, набравший не менее 60 баллов, имеет право получить оценку. Те, кто претендует на более высокий балл, проходят промежуточную аттестацию. Максимальное количество баллов на промежуточной аттестации – 100. Общее количество баллов за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на промежуточной аттестации и выставляется согласно принятому порядку.

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	20
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
2	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		100
Промежуточная аттестация		100
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. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в Главном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Гурова, 6). Для проведения занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, 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 учебно-методическом кабинете Главного корпуса (ауд.405).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины могут применяться 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.

10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

10.1. Основная литература

1. Агибалова, А. В. Математические модели в естественных и общественных науках [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. В. Агибалова, Д. В. Лиманский ; Донецкий нац. ун-т. - Донецк : ДонНУ, 2014. - Электронные данные (1 файл)

2. Дискретные математические модели [Электронный ресурс]: учебное пособие / Сост.: В.Г.Житняя, Сторожев В.И.; ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». – Донецк: ДонНУ, 2017. – Электронные данные (1 файл)

3. Житняя, В. Г. Программирование в среде СУБД Visual FoxPro [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Житняя ; Донецкий нац. ун-т. - Донецк : ДонНУ, 2012. - Электронные данные (1 файл)

4. Практикум по дискретным математическим моделям [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Сост.: В.Г. Житняя, Сторожев В.И.; ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». – Донецк: ДонНУ, 2017. – Электронные данные (1 файл)

10.2. Дополнительная литература

5. Анисимов В.В. Элементы теории массового обслуживания и асимптотического анализа систем: [Учеб. пособие для вузов по специальности "Математика", "Прикл.

математика", "Экон. кибернетика"] / В.В. Анисимов, О.К. Закусило, В.С. Донченко и др. ; Под общ. ред. В.В. Анисимова. - К.: Вища шк., 1987. - 248 с.

6. Болдин М.В. Знаковый статистический анализ линейных моделей / Болдин М.В., Симонова Г.И., Тюрин Ю.Н. - М.: Наука, 1997. - 288 с.

7. Бочаров П.П. Теория массового обслуживания : учеб. для вузов по направлению "Прикл. математика и информатика" и спец. "Математика" и "Прикл. математика" / Бочаров П.П., Печинкин А.В. - Москва : Изд-во РУДН, 1995. - 529 с.

8. Васин А.А. Модели динамики коллективного поведения: [Для вузов по специальности "Приклад. математика"] / А. А. Васин. - М.: Изд-во МГУ, 1989. - 153 с.

9. Введение в математическое моделирование : [Учеб. пособие для вузов направления 511200 "Математика. Прикладная математика"] / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер и др. ; Под ред. П. В. Трусова. - М.: Логос, 2004. - 439 с.

10. Введение в математическое моделирование : [Учеб. пособие для вузов направления 511200 "Математика. Прикладная математика"] / В.Н. Ашихмин, М.Б. Гитман, И.Э. Келлер и др. ; Под ред. П.В. Трусова. - М. : Логос, 2004. - 439 с.

11. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. - 2-е изд. - Москва: Наука, 1987. - 336 с.

12. Дубров А.М. Многомерные статистические методы: Для экономистов и менеджеров / А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.И. Трошин. - М.: Финансы и статистика, 1998. - 350 с.

13. Ермаков С.М. Курс статистического моделирования: [Учеб. пособие для вузов по специальности "Прикладная математика"] / С. М. Ермаков, Г. А. Михайлов. - М.: Наука, 1976. - 319 с.

14. Калашников, В. В. Математические методы построения стохастических моделей обслуживания / В. В. Калашников, С. Т. Рачев ; ил. А. Т. Фоменко. - М. : Наука, 1988. - 310 с.

15. Мазалов В.В. Моменты остановки и управляемые случайные блуждания / Мазалов В.В., Винниченко С.В. ; РАН, Сиб. отд-ние ; Чит. ин-т природ. ресурсов ; Отв. ред. Л.А. Петросян. - Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1992. - 104 с.

16. Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи, методы, примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. - М.: Наука, 1997. - 320 с.

17. Севастьянов Б.А. Вероятностные модели. - М. : Наука, 1992. - 176 с.

Христиановский В.В. Решение задач математического программирования : (Курс лекций) / В.В. Христиановский, В.Г. Ерин, О.В. Ткаченко; Донецкий гос. ун-т. - Донецк: ДонГУ, 1992. - 254 с.

11. 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: 31.03.2025). - 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: 31.03.2025). - Режим доступа: для авторизов. пользователей. - Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». - Москва, 2014- . - URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). - Режим доступа: свободный. - Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 31.03.2025). - Режим доступа: издания Сетевой электронной библиотеки, для авторизов. пользователей. - Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт**: электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://urait.ru/library/svobodnyy-dostup/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания свободного доступа, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ**: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – 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: 31.03.2025). – 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: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный.

12. 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).