



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### **Б1.В.01.02 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ**

**Направление подготовки:** 02.06.01 Компьютерные и информационные науки  
**Направленность (профиль):** Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ  
**Квалификация (степень):** Исследователь. Преподаватель-исследователь  
**Форма обучения:** очная

**Институт:** математики, естествознания и техники  
**Кафедра:** математического моделирования и компьютерных технологий

	очная форма	заочная форма
Курс	2	
Семестр	3,4	
Лекции	36	
Лабораторные занятия		
Практические (семинарские) занятия	54	
Контроль	Экзамен 36	
Самостоятельная работа	54	

**Всего часов: 180**

**Трудовое количество: 5 зачетных единиц.**

Разработчик(и) рабочей программы:  
доктор физико-математических наук, доцент О.Н. Масина

## I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Цель изучения дисциплины:** формирование представления о современном состоянии и проблемах математического моделирования; ознакомление аспирантов с качественными и численными методами исследования математических моделей, с проектированием и анализом алгоритмов и программ.

**Задачи изучения дисциплины:**

- получение обучающимися представления о математическом моделировании;
- изучение качественных и численных методов исследования математических моделей;
- проектирование и анализ алгоритмов и программ;
- формирование способности к восприятию новых научных фактов и гипотез и использованию полученных знаний в процессе образования;
- формирование умения ориентироваться в методах качественного и численного анализа математических моделей и использовать их в контексте существующей научной парадигмы.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** реализуется в рамках вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)».

**Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:**

Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-1</b> Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знать: <ul style="list-style-type: none"><li>– основные представления о роли и месте информационно-коммуникационных технологий в информационном обществе, требования, предъявляемые к средствам информационно-коммуникационных технологий образования;</li><li>– виды научных исследований и особенности их проведения, требования к разработке новых методов исследования, логику выстраивания научного аппарата исследования, требования к представлению результатов научно-исследовательской деятельности, в том числе к оформлению научных текстов;</li><li>– методы применения обучающих, демонстрационных, контролирующих средств информатизации образования в исследовательской деятельности, совершенствования эффективности и качества образовательного процесса.</li></ul>	Знает: <ul style="list-style-type: none"><li>– основные представления о роли и месте информационно-коммуникационных технологий в информационном обществе;</li><li>– качественные и численные методы исследования математических моделей.</li></ul>

	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;</li> <li>– работать с различными источниками информации, использовать компьютерную технику и современные средства телекоммуникации, критически работать с научными текстами (выделять основные идеи, систематизировать и обобщать информацию, полученную в ходе проведения исследования), обоснованно и грамотно цитировать первоисточники;</li> <li>– формулировать и обосновывать выводы по предмету исследования, разрабатывать новые методы исследования, применять разработанные методы исследования в научно-исследовательской деятельности.</li> </ul>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;</li> <li>– работать с различными источниками информации, использовать компьютерную технику и современные средства телекоммуникации;</li> <li>– проводить качественное и численное исследование математических моделей с использованием информационно-коммуникационных технологий;</li> </ul>
	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– понятийным аппаратом научного исследования, технологиями поиска, сбора, интерпретации, анализа, систематизации, хранения и передачи информации, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий;</li> <li>– представлением об условиях и задачах внедрения информационных технологий в научно-исследовательский процесс, стратегией практического использования информационно-коммуникационных технологий в научно-исследовательской деятельности, в частности в компьютерных и информационных науках, с использованием современных методов и техно-</li> </ul>	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– технологиями поиска, сбора, интерпретации, анализа, систематизации, хранения и передачи информации, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий;</li> <li>– представлением об условиях и задачах внедрения информационных технологий в научно-исследовательский процесс;</li> <li>– навыками проведения качественного и численного исследования математических моделей с использованием информационных технологий.</li> </ul>

	<p>логий;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками самостоятельного исследования, умениями применять методы исследования в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в профессиональной области.</li> </ul>	
<p><b>ОПК-2</b> Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– нормативно-правовые основы преподавательской деятельности в системе высшего образования;</li> <li>– педагогические, психологические и методические основы развития мотивации, организации и контроля учебной деятельности на занятиях различного вида;</li> <li>– методы и средства обучения и воспитания в высшей школе, современные образовательные технологии профессионального образования, включая технологии электронного и дистанционного обучения, и возможности их применения в образовательном процессе.</li> </ul>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методические основы развития мотивации, организации и контроля учебной деятельности на занятиях различного вида;</li> </ul>
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– осуществлять отбор учебного материала в соответствии с критериями отбора содержания образования;</li> <li>– разрабатывать научно-методическое обеспечение реализации учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), планы занятий;</li> <li>– проектировать систему оценки образовательных результатов обучающихся;</li> <li>– отбирать методы и средства обучения и воспитания в контексте реализации образовательных программ высшего образования.</li> </ul>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– осуществлять отбор учебного материала в соответствии с критериями отбора содержания образования;</li> </ul>
	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами и технологиями межличностной коммуникации, навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии;</li> <li>– навыками разработки новых подходов к преподаванию и технологий преподавания учебных предметов, курсов, дисциплин</li> </ul>	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами и технологиями межличностной коммуникации, навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии;</li> </ul>

	<p>(модулей);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками разработки и обновления рабочих программ и учебно-методических комплексов, планов занятий, учебных курсов, дисциплин (модулей).</li> </ul>	
<p><b>ПК-2</b> Способность к проектированию и реализации преподавательской деятельности по образовательным программам в рамках направленности (профиля) программы аспирантуры</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современные тенденции развития научного знания в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ;</li> <li>– основы методики преподавания учебных дисциплин (модулей) в высшей школе в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ;</li> <li>– содержание, принципы и методы отбора содержания, методов, средств профессионального образования по дисциплинам (модулям) в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ.</li> </ul>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– фундаментальные основы математического моделирования, численных методов и комплексов программ применительно к сложным системам;</li> <li>– методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы и вариационных принципов;</li> <li>– модели, методы и средства сбора, хранения, коммуникации и обработки информации с использованием компьютеров;</li> </ul>
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проектировать и осуществлять отбор содержания, методов, средств профессионального образования по дисциплинам (модулям) в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ;</li> <li>– разрабатывать и обновлять рабочие программы, учебно-методические комплексы, контрольно-оценочные средства и другие методические материалы по образовательным программам, дисциплинам (модулям) в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ;</li> <li>– использовать современные образовательные технологии в преподавании дисциплин (модулей) в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ.</li> </ul>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять и разрабатывать методы и средства математического моделирования, численных методов и комплексов программ применительно к сложным системам;</li> <li>– управлять информацией (поиск, интерпретация, анализ информации, в т.ч. из множественных источников);</li> </ul>
	Владеть:	Владеет:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– методами проектирования содержания образования, отбора методов, средств профессионального образования в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ;</li> <li>– методикой преподавания дисциплин (модулей) в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ;</li> <li>– современными образовательными технологиями в преподавании по дисциплинам (модулям) в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– фундаментальными разделами математического моделирования, численных методов и комплексов программ применительно к сложным системам, необходимыми для решения научно-исследовательских задач;</li> <li>– специализированными знаниями в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ для научно-исследовательской работы.</li> </ul>
--	---	--

## II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

### Очная форма обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
	<b>Раздел 1. Моделирование как один из методов познания</b>	<b>40</b>	<b>8</b>	<b>16</b>		<b>16</b>
1	Тема 1. Понятие модели и моделирования. Основные понятия математического моделирования. Этапы построения математической модели	22	4	8		10
2	Тема 2. Классификация математических моделей. Основные этапы математического моделирования	18	4	8		6
	<b>Раздел 2. Вопросы качественной теории динамических моделей</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>20</b>		<b>20</b>
3	Тема 3. Состояния равновесия. Определения устойчивости	10	2	4		4
4	Тема 4. Второй метод Ляпунова. Оценка области притяжения	8	2	4		2
5	Тема 5. Устойчивость по первому приближению.	10	2	4		4
6	Тема 6. Устойчивость состояний равновесия нелинейных автономных математических моделей	12	2	4		6
7	Тема 7. Замкнутые фазовые траектории	10	2	4		4
	<i>Форма отчетности</i>	Зачет с оц. – 3 сем.				

	<i>Итого за 3 семестр</i>	90	18	36		36
	<b>Раздел 4. Исследование и компьютерное моделирование систем популяционной динамики</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>4</b>
8	Тема 8. Классификация обобщенных двумерных моделей Лотки–Вольтерра и их качественный анализ	6	2	2		2
9	Тема 9. Устойчивость состояний равновесия многомерных моделей динамики популяций. Применение математических пакетов для анализа моделей динамики популяций	6	2	2		2
	<b>Раздел 5. Численное решение линейных алгебраических систем</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>6</b>		<b>6</b>
10	Тема 10. Алгоритм решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) методом Гаусса с постолбцовым выбором главного элемента	6	2	2		2
11	Тема 11. LU-разложение матриц	6	2	2		2
12	Тема 12. Разложение симметричных матриц. Метод квадратных корней	6	2	2		2
	<b>Раздел 6. Итерационные методы решения линейных алгебраических систем и обращения матриц</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>4</b>
13	Тема 13. Решение СЛАУ методом простых итераций	6	2	2		2
14	Тема 14. Метод Якоби	3	1	1		1
15	Тема 15. Метод Зейделя	3	1	1		1
	<b>Раздел 7. Численные методы решения систем нелинейных уравнений</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>4</b>
16	Тема 16. Локализация корней	6	2	2		2
17	Тема 17. Метод дихотомии. Метод хорд	3	1	1		1
18	Тема 18. Метод Ньютона	3	1	1		1
	<i>Форма отчетности</i>	Экз – 4 сем.				
	<i>Контроль (4 семестр)</i>	36				
	<i>Итого за 4 семестр</i>	90	18	18		18
	<b>ИТОГО:</b>	<b>180</b>	<b>36</b>	<b>54</b>		<b>54</b>

**Заочная форма обучения (не реализуется)**

### **III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Текущая аттестация проводится в форме контрольной работы, реферата.

#### **Типовой вариант контрольной работы**

1. Модель объекта – это...

- A) предмет, похожий на объект моделирования
- B) + объект - заместитель, который учитывает свойства объекта, необходимые для достижения цели
- C) копия объекта

- D) шаблон, по которому можно произвести точную копию объекта
2. Основная функция модели – это:
- A) Получить информацию о моделируемом объекте
  - B) Отобразить некоторые характеристические признаки объекта
  - C) + Получить информацию о моделируемом объекте или отобразить некоторые характеристические признаки объекта
  - D) Воспроизвести физическую форму объекта
3. Методами математического моделирования являются ...
- A) Аналитический
  - B) Числовой
  - C) + Аксиоматический и конструктивный
  - D) Имитационный
4. Изменение состояния объекта отображается в виде ...
- A) Статической модели
  - B) Детерминированной модели
  - C) + Динамической модели
  - D) Стохастической модели
5. Планирование эксперимента необходимо для...
- A) Точного предписания действий в процессе моделирования
  - B) + Выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью
  - C) Выполнения плана экспериментирования на модели
  - D) Сокращения числа опытов
6. Установление равновесия между простотой модели и качеством отображения объекта называется...
- A) Дискретизацией модели
  - B) Алгоритмизацией модели
  - C) Линеаризацией модели
  - D) + Идеализацией модели
7. Замкнутая фазовая траектория называется ....., если в сколь угодно малой (кольцеобразной) ее окрестности находятся другие замкнутые фазовые траектории.
- A) изолированной;
  - B) + неизолированной;
8. Замкнутая изолированная фазовая траектория называется
- A) неустойчивым предельным циклом;
  - B) орбитно-устойчивым предельным циклом;
  - C) + предельным циклом.
9. Предельный цикл называется ....., если существует такая его окрестность, что все фазовые траектории, начинающиеся в этой окрестности, неограниченно приближаются к предельному циклу.
- A) неустойчивым предельным циклом;
  - B) + орбитно-устойчивым предельным циклом;



10. Предельный цикл называется ....., если в любой сколь угодно малой его окрестности начинается хотя бы одна фазовая траектория, не приближающаяся к нему при  $t \rightarrow \infty$ .
- A) +неустойчивым предельным циклом;  
 B) орбитно-устойчивым предельным циклом;
11. Классическая модель Лотки–Вольтерра задается уравнениями вида
- A)  $\dot{x} = ax - bxy$ ,  $\dot{y} = -cy + dxy$ ,  
 B)  $\dot{x} = x - bxy$ ,  $\dot{y} = -cy + dxy$ ,  
 C)  $\dot{x} = ax - bxy$ ,  $\dot{y} = -cy + xy$ ,
12. Модель Лотки–Вольтерра является негрубой, так что при любых сколь угодно малых возмущениях фазовых координат система переходит с одного цикла на другой, т. е. качественным образом меняет свое поведение. Этот факт относится к
- A) достоинствам модели;  
 B) +недостаткам модели.
13. Фактором, не оказывающим влияние на внутри- и межпопуляционные отношения, относится следующий фактор:
- A) + линейность зависимости скорости размножения популяции жертвы от плотности при малых значениях плотности;  
 B) конкуренция в популяции жертв;  
 C) смертность жертв;  
 D) насыщение хищника.
14. Учет какого фактора приводит к системе вида

$$\dot{x} = \frac{ax^2}{N + x} - bxy,$$

$$\dot{y} = -cy + dxy,$$

- A) + нелинейность размножения в популяции жертв;  
 B) конкуренция в популяции жертв;  
 C) смертность жертв;  
 D) насыщение хищника.
15. Учет какого фактора приводит к системе вида

$$\dot{x} = ax \frac{K - x}{K} - bxy,$$

$$\dot{y} = -cy + dxy.$$

- A) нелинейность размножения в популяции жертв;  
 B) + конкуренция в популяции жертв;  
 C) смертность жертв;  
 D) насыщение хищника.
16. Учет какого фактора приводит к системе вида

$$\dot{x} = ax - \frac{bxy}{1 + Ax},$$

$$\dot{y} = -cy + \frac{dxy}{1 + Ax},$$

- A) нелинейность размножения в популяции жертв;
- B) конкуренция в популяции жертв;
- C) смертность жертв;
- D) + насыщение хищника.

17. Учет какого фактора приводит к системе вида

$$\dot{x} = ax - \frac{bx^2y}{1 + Px},$$

$$\dot{y} = cy + \frac{dx^2y}{1 + Px},$$

- A) нелинейность размножения в популяции жертв;
  - B) конкуренция в популяции жертв;
  - C) + смертность жертв;
  - D) насыщение хищника.
18. Какая матрица называется ленточной?
- A) матрица, состоящая в основном из единиц, нулевые элементы расположены только на главной диагонали и на двух линиях вдоль нее;
  - B) + матрица, состоящая в основном из нулей, ненулевые элементы расположены только на главной диагонали и на двух линиях вдоль нее;
19. Если приближенные значения корня с увеличением числа итераций приближаются к истинному значению корня, то говорят, что итерационный процесс
- A) +сходится;
  - B) не сходится.
20. Метод Ньютона относится к
- A) +точным методам решения нелинейных уравнений;
  - B) + итерационным методам решения нелинейных уравнений.

### Примерная тематика рефератов

1. Динамические системы и их классификация.
2. Оценка местоположения предельных циклов.
3. Поведение траекторий на бесконечности.
4. Обобщенные модели Вольтерра.
5. Алгоритмы исследования устойчивости систем популяционной динамики и их реализация в виде комплексов проблемно-ориентированных программ.
6. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
7. Решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.
8. Метод разностных схем.

9. Численные методы на основе метода Галеркина.
10. Сеточные методы решения.

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме зачета с оценкой, экзамена с использованием следующих оценочных материалов: перечень вопросов к зачету, перечень вопросов к экзамену.

**Вопросы к зачету с оценкой  
(3 семестр, очная форма обучения)**

1. Понятие модели и моделирования. Основные понятия математического моделирования. Этапы построения математической модели.
2. Классификация математических моделей. Основные этапы математического моделирования.
3. Устойчивость состояния равновесия автономной математической модели.
4. Понятие знакоопределенной, знакопостоянной и знакопеременной функций. Понятие функции Ляпунова.
5. Теорема Ляпунова об устойчивости.
6. Теорема Ляпунова об асимптотической устойчивости.
7. Теорема об асимптотической устойчивости в целом.
8. Теорема Барбашина–Красовского.
9. Теорема Четаева.
10. Линеаризованная система. Характеристическое уравнение.
11. Теоремы Ляпунова об устойчивости по первому приближению.
12. Критерий Гурвица.
13. Метод D-разбиений.
14. Типы и устойчивость состояний равновесия: устойчивый узел, неустойчивый узел, седло, устойчивый фокус, неустойчивый фокус, центр.
15. Замкнутые фазовые траектории.
16. Классическая модель Лотки–Вольтерра и ее обобщения.
17. Основные факторы внутри- и межпопуляционных отношений.
18. Однофакторные модификации.
19. Двухфакторные модификации.
20. Трехфакторные модификации.
21. Существование устойчивых состояний равновесия и предельные свойства решений обобщенных систем Лотки–Вольтерра.
22. Качественный анализ и построение модели в виде дифференциального включения системы динамики популяций.
23. Исследование устойчивости трехмерной модели динамики популяций с учетом конкуренции и миграции.
24. Алгоритм исследования устойчивости модели динамики популяций с учетом конкуренции и миграции. Реализация в виде компьютерной программы.

**Вопросы к экзамену**  
**(4 семестр, очная форма обучения)**

1. Решение систем линейных алгебраических уравнений: сущность метода Гаусса. Прямой ход метода Гаусса. Обратный ход метода Гаусса. Алгоритм решения линейных систем методом Гаусса.
2. Решение систем линейных алгебраических уравнений: главные элементы. Метод Гаусса с частичным упорядочиванием по столбцам. Метод главных элементов.
3. Применение метода Гаусса к вычислению определителей и к обращению матриц.
4. LU-разложение матриц: формулы для разложения матриц в случае фиксирования диагонали нижней треугольной матрицы L и верхней треугольной матрицы U.
5. LU-разложение матриц: матрица с диагональным преобладанием. Компактная схема Гаусса (схема Холецкого).
6. Решение линейных систем и обращение матриц с помощью LU-разложения.
7. Решение симметричных СЛАУ методом квадратных корней (схемой Холецкого).
8. Метод прогонки решения систем с трехдиагональными матрицами коэффициентов: случай ленточных систем.
9. Трехточечные разностные уравнения второго порядка. Прогоночные коэффициенты.
10. Метод прогонки решения систем с трехдиагональными матрицами коэффициентов: обратная прогонка. Корректная прогонка.
11. Устойчивая прогонка. Достаточные условия корректности и устойчивости прогонки.
12. Решение СЛАУ методом простых итераций: утверждения о сходимости степенных матричных рядов.
13. Решение СЛАУ методом простых итераций: необходимое и достаточное условие сходимости метода простых итераций. Априорная и апостериорная оценки погрешности.
14. Векторно-матричная формула метода Якоби. Достаточный признак сходимости метода Якоби.
15. Суть метода Зейделя. Метод последовательных смещений. Модификация метода Якоби. Необходимые и достаточные условия сходимости метода Зейделя.
16. Априорная оценка погрешности. Нормальная система. Симметризация Гаусса. Стационарный и нестационарный итерационные процессы.
17. Задача приближенного нахождения нулей функции одной переменной. Подзадачи существования и единственности, нахождения границ и локализации корней.
18. Графический способ локализации корней. Теорема Больцано–Коши. Способ перебора. Промежуток неопределенности корня.

19. Метод дихотомии. Метод хорд: промежуток существования корня. Пробная точка. Метод половинного деления. Схема приближенного вычисления корня уравнения.
20. Метод дихотомии. Метод хорд: метод линейной интерполяции. Правило ложного положения.
21. Типы сходимостей итерационных последовательностей: линейная сходимость последовательности. Сверхлинейная сходимость последовательности. Процесс первого порядка. Квадратично сходящийся процесс. Кубическая сходимость.
22. Типы сходимостей итерационных последовательностей: сходимость со скоростью геометрической прогрессии. Асимптотическая линейная сходимость. Глобальная сходимость. Локальная сходимость. Средняя скорость сходимости.
23. Суть метода Ньютона. Уравнение, определяющее итерационный процесс Ньютона. Геометрический смысл метода Ньютона.
24. Сходимость итерационного процесса Ньютона.
25. Применение метода Ньютона к вычислению значений функций.

#### **IV. ПЕРЕЧЕНЬ ОБЯЗАТЕЛЬНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

##### **Основная литература**

1. Данилов, Н.Н. Математическое моделирование : учебное пособие / Н.Н. Данилов ; Кемеровский государственный университет. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2014. – 98 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278827> (дата обращения: 01.09.2020). – ISBN 978-5-8353-1633-5. – Текст : электронный.
2. Гильмутдинов, Р.Ф. Численные методы : учебное пособие / Р.Ф. Гильмутдинов, К.Р. Хабибуллина ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2018. – 92 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500887> (дата обращения: 01.09.2020). – Библиогр.: с. 88. – ISBN 978-5-7882-2427-5. – Текст : электронный.

##### **Дополнительная литература**

1. Боев, В.Д. Компьютерное моделирование : курс / В.Д. Боев, Р.П. Сыпченко. – Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2010. – 455 с. : ил.,табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233705> (дата обращения: 01.09.2020). – Текст : электронный.
2. Масина О.Н., Петров А.А., Дружинина О.В., Рапопорт Л.Б. Моделирование и стабилизация нелинейных управляемых систем. Учебное пособие. Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2020. – 117 с. [http://www.elsu.ru/uploads/files/2020-10/1602700693\\_masina\\_2novoie\\_posobie\\_2020.pdf](http://www.elsu.ru/uploads/files/2020-10/1602700693_masina_2novoie_posobie_2020.pdf)

3. Масина О.Н., Дружинина О.В., Рапопорт Л.Б. Элементы теории устойчивости математических моделей управляемых систем. Учебное пособие. – Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2019. – 143 с.  
[http://www.elsu.ru/uploads/files/2020-04/1586241874\\_maket\\_masina\\_druzhinina\\_rapoport.pdf](http://www.elsu.ru/uploads/files/2020-04/1586241874_maket_masina_druzhinina_rapoport.pdf)

#### **V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>№ пп</b>	<b>Ссылка на информационный ресурс</b>	<b>Наименование разработки в электронной форме</b>	<b>Доступность</b>
1.	<a href="https://www.intuit.ru/">https://www.intuit.ru/</a>	Национальный открытый университет - организация, предоставляющая с помощью собственного сайта услуги дистанционного обучения по нескольким образовательным программам, многие из которых касаются информационных технологий. Сайт содержит несколько сотен открытых образовательных курсов, по прохождении которых можно бесплатно получить электронный сертификат. Также возможно платное получение сертификатов о повышении квалификации. Кроме того, организация действует как издательство, выпускающая учебную литературу по курсам.	Свободный доступ

#### **VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

<b>№ пп</b>	<b>Ссылка на информационный ресурс</b>	<b>Наименование разработки в электронной форме</b>	<b>Доступность</b>
1.	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем индивидуальный неограниченный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	<a href="http://www.garant.ru">www.garant.ru</a>	Гарант.РУ – информационно-правовой портал	Свободный доступ
3.	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ
4.	<a href="http://www.consultant.ru">www.consultant.ru</a>	Российская компьютерная справочно-правовая система	Свободный доступ

## **VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

При реализации учебной дисциплины применяется следующее лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice и др.

## **VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Самостоятельная работа проводится в кабинетах, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.