



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1.4 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Шифр и наименование группы научных специальностей

**1.2. Компьютерные науки и информатика**

Шифр и наименование научной специальности

**1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

Форма обучения: очная

Институт: математики, естествознания и техники

Кафедра: математического моделирования, компьютерных технологий и информационной безопасности

Трудоёмкость в ЗЕТ – 4

Трудоёмкость в часах – 144

Разработчик: д. ф.-м. н., доцент О.Н. Масина

## **Общие положения**

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями, утвержденными приказом Министерства образования и науки высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

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

**Цель 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.

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

Дисциплина относится к образовательному компоненту программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

### **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны знать:

- фундаментальные основы математического моделирования, численных методов и комплексов программ применительно к сложным системам;
- методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы и вариационных принципов;
- модели, методы и средства сбора, хранения, коммуникации и обработки информации с использованием компьютеров;
- основные представления о роли и месте информационно-коммуникационных технологий в информационном обществе;

- качественные и численные методы исследования математических моделей;

уметь:

- применять и разрабатывать методы и средства математического моделирования, численных методов и комплексов программ применительно к сложным системам;
- управлять информацией (поиск, интерпретация, анализ информации, в т.ч. из множественных источников);
- работать с различными источниками информации, использовать компьютерную технику и современные средства телекоммуникации для решения задач математического моделирования;
- проводить качественное и численное исследование математических моделей с использованием информационно-коммуникационных технологий;

владеть:

- фундаментальными разделами математического моделирования, численных методов и комплексов программ применительно к сложным системам, необходимыми для решения научно-исследовательских задач;
- специализированными знаниями в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ для научно-исследовательской работы;
- технологиями поиска, сбора, интерпретации, анализа, систематизации, хранения и передачи информации, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий;
- представлением об условиях и задачах внедрения информационных технологий в научно-исследовательский процесс;
- навыками проведения качественного и численного исследования математических моделей с использованием информационно-коммуникационных технологий.

## **4. СТРУКТУРА, ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы**

Трудоёмкость в ЗЕТ – 4

Трудоёмкость в часах – 144

Лекций – 36 ч.

Практические занятия – 36 ч.

### **4.2. Разделы дисциплины и виды занятий**

№	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, академ. часы
---	---------------------------------	---

			аудитор- ные заня- тия		
			Всего часов	Лекции практические (ла- бораторные)	Самостоятельная работа
<b>1.</b>	<i>Раздел 1. Моделирование как один из методов познания</i>	8	2	2	4
<b>2.</b>	Тема 1. Понятие модели и моделирования. Основные понятия математического моделирования. Этапы построения математической модели	4	1	1	2
<b>3.</b>	Тема 2. Классификация математических моделей. Основные этапы математического моделирования	4	1	1	2
<b>4.</b>	<i>Раздел 2. Вопросы качественной теории динамических моделей</i>	32	8	8	16
<b>5.</b>	Тема 3. Анализ и взаимосвязь базовых свойств устойчивости траекторий динамических моделей	8	2	2	4
<b>6.</b>	Тема 4. Метод функций Ляпунова	8	2	2	4
<b>7.</b>	Тема 5. Устойчивость по первому приближению	8	2	2	4
<b>8.</b>	Тема 6. Алгебраические критерии устойчивости управляемых систем	4	1	1	2
<b>9.</b>	Тема 7. Частотные критерии устойчивости управляемых систем	4	1	1	2
<b>10.</b>	<i>Раздел 3. Моделирование и устойчивость систем интеллектуального управления и систем с переключениями</i>	32	8	8	16
<b>11.</b>	Тема 8. Основные подходы к построению систем интеллектуального управления.	8	2	2	4
<b>12.</b>	Тема 9. Современные методы анализа устойчивости динамических систем интеллектуального управления	8	2	2	4
<b>13.</b>	Тема 10. Динамические ТС-модели и их стабилизация	8	2	2	4
<b>14.</b>	Тема 11. Построение и анализ моделей технических систем с переключениями	8	2	2	4
<b>15.</b>	<i>Раздел 4. Численные методы решения систем нелинейных уравнений</i>	14	4	4	6
<b>16.</b>	Тема 12. Метод Ньютона для решения систем нелинейных уравнений	7	2	2	3

<b>17.</b>	Тема 13. Итерационные методы для решения систем нелинейных уравнений	7	2	2	3
<b>18.</b>	<i>Раздел 5. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений</i>	14	4	4	6
<b>19.</b>	Тема 14. Понятие о приближенно-аналитических методах. Общая характеристика одношаговых методов. Методы Рунге – Кутты	7	2	2	3
<b>20.</b>	Тема 15. Методы прогноза-коррекции. Понятие о неявных методах интегрирования дифференциальных уравнений	7	2	2	3
<b>21.</b>	<i>Раздел 6. Численные методы оптимизации</i>	22	6	6	10
<b>22.</b>	Тема 16. Методы оптимизации функций одной переменной	8	2	2	4
<b>23.</b>	Тема 17. Методы безусловной оптимизации функций многих переменных	8	2	2	4
<b>24.</b>	Тема 18. Методы поиска условного экстремума	6	2	2	2
<b>25.</b>	<i>Раздел 7. Программно-аппаратные средства для математического моделирования динамических систем</i>	13	4	4	5
<b>26.</b>	Тема 19. Компоненты программно-аппаратных средств. Перечень программного обеспечения для математического моделирования	6	2	2	2
<b>27.</b>	Тема 20. Сравнение инструментальных средств математических пакетов	4	1	1	2
<b>28.</b>	Тема 21. Лицензирование программного обеспечения и результатов научной деятельности	3	1	1	1
<b>29.</b>	Промежуточная аттестация	9			
<b>ИТОГО:</b>		144	36	36	72

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Текущий контроль по дисциплине осуществляется в форме тестирования, реферата.

*Типовой вариант теста*

1. Модель объекта – это...
  - А) предмет, похожий на объект моделирования
  - В) + объект - заместитель, который учитывает свойства объекта, необходимые для достижения цели
  - С) копия объекта
  - Д) шаблон, по которому можно произвести точную копию объекта
2. Основная функция модели – это:
  - А) Получить информацию о моделируемом объекте

- В) Отобразить некоторые характеристические признаки объекта
  - С) + Получить информацию о моделируемом объекте или отобразить некоторые характеристические признаки объекта
  - Д) Воспроизвести физическую форму объекта
3. Методами математического моделирования являются ...
- А) Аналитический
  - В) Числовой
  - С) + Аксиоматический и конструктивный
  - Д) Имитационный
4. Изменение состояния объекта отображается в виде ...
- А) Статической модели
  - В) Детерминированной модели
  - С) + Динамической модели
  - Д) Стохастической модели
5. Планирование эксперимента необходимо для...
- А) Точного предписания действий в процессе моделирования
  - В) + Выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью
  - С) Выполнения плана экспериментирования на модели
  - Д) Сокращения числа опытов
6. Установление равновесия между простотой модели и качеством отображения объекта называется...
- А) Дискретизацией модели
  - В) Алгоритмизацией модели
  - С) Линеаризацией модели
  - Д) + Идеализацией модели
7. Замкнутая фазовая траектория называется ....., если в сколь угодно малой (кольцеобразной) ее окрестности находятся другие замкнутые фазовые траектории.
- А) изолированной;
  - В) + неизолированной;
8. Замкнутая изолированная фазовая траектория называется
- А) неустойчивым предельным циклом;
  - В) орбитно-устойчивым предельным циклом;
  - С) + предельным циклом.
9. Предельный цикл называется ....., если существует такая его окрестность, что все фазовые траектории, начинающиеся в этой окрестности, неограниченно приближаются к предельному циклу.
- А) неустойчивым предельным циклом;
  - В) + 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  $t \rightarrow \infty$ .
- А) +неустойчивым предельным циклом;
  - В) орбитно-устойчивым предельным циклом;
11. Если приближенные значения корня с увеличением числа итераций приближаются к истинному значению корня, то говорят, что итерационный процесс
- А) +сходится;
  - В) не сходится.
12. Метод Ньютона относится к
- А) +точным методам решения нелинейных уравнений;
  - В) + итерационным методам решения нелинейных уравнений;
  - С) приближенным методам решения уравнений.

### *Примерная тематика рефератов*

1. Методы качественного исследования линейных динамических систем.
2. Методы качественного исследования нелинейных динамических систем.
3. Алгоритмы исследования устойчивости систем популяционной динамики и их реализация в виде комплексов проблемно-ориентированных программ.
4. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
5. Решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.
6. Методы анализа устойчивости моделей интеллектуального управления.
7. Сеточные методы решения уравнений.

5.2. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 3 семестре в форме зачета с оценкой, в 4 семестре в форме экзамена.

### *Перечень вопросов к зачету с оценкой*

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. Типы и устойчивость состояний равновесия: устойчивый узел, неустойчивый узел, седло, устойчивый фокус, неустойчивый фокус, центр.
4. Понятие знакоопределенной, знакопостоянной и знакопеременной функций. Понятие функции Ляпунова.
5. Метод функций Ляпунова исследования устойчивости.

6. Теоремы Ляпунова об устойчивости по первому приближению.
7. Алгебраические критерии устойчивости управляемых систем.
8. Частотные критерии устойчивости управляемых систем.
9. Основные подходы к построению систем интеллектуального управления.
10. Технические системы интеллектуального управления.
11. Современные методы анализа устойчивости динамических систем интеллектуального управления.
12. Динамические ТС-модели и их стабилизация.
13. Построение и анализ моделей технических систем с переключениями.

*Перечень вопросов к экзамену*

1. Метод Ньютона для решения систем нелинейных уравнений.
2. Итерационные методы для решения систем нелинейных уравнений.
3. Понятие о приближенно-аналитических методах.
4. Общая характеристика одношаговых методов.
5. Метод Рунге – Кутты первого порядка.
6. Метод Рунге – Кутты второго порядка.
7. Типы и классификация ошибок численного интегрирования.
8. Методы Рунге–Кутты высших порядков.
9. Методы прогноза-коррекции.
10. Сравнение методов интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений.
11. Понятие о неявных методах интегрирования дифференциальных уравнений.
12. Прямые методы одномерной оптимизации.
13. Метод поиска глобального минимума.
14. Методы прямого поиска.
15. Градиентные методы.
16. Методы поиска условного экстремума.
17. Аппаратные компоненты программно-аппаратных средств.
18. Программные компоненты программно-аппаратных средств.
19. Сравнение инструментальных средств математических пакетов.
20. Лицензирование программного обеспечения и результатов научной деятельности.

**Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

***Критерии оценивания для зачета с оценкой.***

Оценка «отлично» - наличие глубоких исчерпывающих знаний (в объеме утвержденной программы дисциплины в соответствии с поставленными программой курса целями и задачами обучения); грамотное и логически стройное изложение материала, усвоение основной и знакомство с дополнительной литературой.



Оценка «хорошо» - наличие твердых и достаточно полных знаний (в объеме утвержденной программы дисциплины в соответствии с целями обучения), правильные действия по применению знаний, умений, владений на практике, четкое изложение материала, допускаются отдельные логические и стилистические погрешности, сдающий усвоил основную литературу, рекомендованную в программе дисциплины;

Оценка «удовлетворительно» - наличие недостаточно полных знаний (в объеме утвержденной программы), изложение материала с отдельными ошибками, правильные в целом действия по применению знаний на практике.

Оценка «неудовлетворительно» - тема реферата не раскрыта, наличие грубых ошибок, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Основная литература**

1. Лисяк Н. К. Моделирование систем : учебное пособие / Н. К. Лисяк, В. В. Лисяк. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2017. – Часть 1. – 107 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499733> (дата обращения: 01.09.2022). – Библиогр.: с. 101-102. – ISBN 978-5-9275-2504-1. – 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: 01.09.2022). – Библиогр.: с. 88. – ISBN 978-5-7882-2427-5. – Текст : электронный.

### **6.2. 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: 01.09.2022). – 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\\_2novoe\\_posobie\\_2020.pdf](http://www.elsu.ru/uploads/files/2020-10/1602700693_masina_2novoe_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)
  4. Масина О.Н., Петров А.А., Дружинина О.В., Рапопорт Л.Б. Моделирование управляемых систем с применением методов стабилизации и алгоритмов поиска оптимальных траекторий. Учебное пособие. – Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2021. – 117 с.
  5. Дружинина О.В., Масина О.Н. Методы анализа устойчивости динамических систем интеллектуального управления. М.: ЛЕНАНД \ URSS, 2015. – 248 с.

### 6.3. Электронные образовательные ресурсы

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, выпуская учебную литературу по курсам.	Свободный доступ
2.	<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
3.	<a href="http://www.garant.ru">www.garant.ru</a>	Гарант.РУ – информационно-	Свободный до-

		правовой портал	ступ.
4.	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ
5.	<a href="http://www.consultant.ru">www.consultant.ru</a>	Российская компьютерная справочно-правовая система	Свободный доступ

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническая база, информационные технологии, программное

о  
б  
е  
с  
п  
е  
ч  
е  
н  
и  
е  
  
и  
  
и  
н  
ф  
о  
р  
м  
а  
ц  
и  
о  
н  
н  
ы  
е

с  
п  
р  
а  
в  
о  
ч  
н  
ы