

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке  
В.В. Кружаев

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ	<b>Код ОП</b> 09.06.01
<b>Направление подготовки</b> Информатика и вычислительная техника	<b>Код направления и уровня подготовки</b>
<b>Уровень подготовки</b> Подготовка кадров высшей квалификации	09.06.01
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> от 30 июля 2014 г. №875 с изменениями и дополнениями от <b>30.04.2015</b>

**СОГЛАСОВАНО**  
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ  
КАДРОВ ВЫСШЕЙ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург, 2016 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Структурное подразделение</b>	<b>Подпись</b>
1	Берестова Светлана Александровна	Д. ф.-м. н., доцент	Заведующи й кафедрой	Кафедра теоретической механики	

**Рекомендовано Методическим советом УрФУ**

Председатель Методического совета УрФУ

Е.В.Вострецова

**Согласовано:**

Начальник ОПНПК

О.А. Неволина

# **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

## **1.1. Аннотация содержания дисциплины**

Аналитические методы исследования математических моделей является дисциплиной по выбору аспиранта. В рамках дисциплины изучаются основные современные задачи математического моделирования, возникающие в различных областях, основанные на использовании аналитических методов построения математической модели и ее анализа. Рассматриваются возможности построения, исследования, проверки адекватности аналитических математических моделей в рамках современных пакетов вычислительной математики.

## **1.2. Язык реализации дисциплины – русский.**

## **1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у аспиранта следующих компетенций:

- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- владением культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- способностью к интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательской деятельности (ПК-1);
- умение ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики, совершенствовать, углублять и развивать математическую теорию, лежащую в их основе собственным видением прикладного аспекта в строгих математических формулировках (ПК-2);
- умение применять базовые модели и алгоритмы вычислительной математики к решению задач прикладного характера (ПК-3);
- способностью разрабатывать, анализировать и обосновывать адекватность математических моделей (ПК-4);
- способностью проводить сравнительный анализ и осуществлять обоснованный выбор алгоритмических и программно-аппаратных средств (ПК-5);
- способностью понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, применять достижения информатики и вычислительной техники, перерабатывать большие объемы информации проводить целенаправленный поиск в различных источниках информации по профилю деятельности, в том числе в глобальных компьютерных системах (ПК-6);

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- Математические основы построения моделей для различных областей.

- Методы математического моделирования.
- Понятие принципа и метода аналитического исследования математической модели
- Информационные и компьютерные технологии для разработки методов моделирования

Уметь:

- Разрабатывать новые методы моделирования объектов и явлений.
- Строить модели сложных объектов и явлений на основе базовых моделей.
- Использовать аналитические методы исследования математических моделей.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- Навыками работы с базовыми математическими моделями естественно-научного содержания.
- Опытном использовании базовых алгоритмов различных математических методов для решения практических задач имитационного моделирования в различных областях.
- Аналитическими методами исследования математического моделирования.

#### 1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	5
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>4</b>	<b>4,85</b>	<b>4</b>
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия		0	0
4.	Лабораторные работы	0	0	0
5.	<b>Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации</b>	104	0,6	104
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	Зачет	0,25	Зачет
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	108	<b>4,85</b>	108
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	3		3

#### 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
Р-1	Общие сведения о разработке математических моделей. Формирование моделей при различной степени детализации	Классификация моделей, этапы разработки и принципы построения. Структура математической модели технического объекта. Требования, предъявляемые к моделям, и основные свойства

	физических и технических параметров. Численные методы решения инженерных и научно-технических задач.	моделей. Уровни математического моделирования: макроуровень, микроуровень, мезоуровень. Использование фазовых переменных при моделировании на макроуровне и топологические уравнения. Примеры моделей объектов на каждом уровне моделирования. Методы Эйлера и Рунге-Кутты решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Функциональное значение и математические основы решения задач интерполяции и аппроксимации. Исходные данные для решения задач, условия построения сплайнов и метод наименьших квадратов. Построение модели идентификации.
<b>P-2</b>	Применение системы компьютерной математики MathCAD для моделирования процессов. Основы теории графов и сетевые модели.	Основные понятия граф, подграф, маршрут, цепь, цикл, хорды, ветви, дерево графа. Использование графов в форме сетевых моделей в конструкторском и технологическом проектировании, при решении организационно-экономических задач в машиностроении. Решение различных задач (по отраслям). Функции решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений, функции линейной интерполяции и интерполяции сплайнами, на примере MathCAD.
<b>P-3</b>	Методы решения интегральных уравнений.	Приближенные методы решения интегральных уравнений Фредгольма второго рода. Метод вырожденных ядер и метод механических квадратур. Проекционные методы решения интегральных уравнений Фредгольма II-го рода: коллокации, наименьших квадратов, моментов, Галеркина. Приближенные методы решения уравнений Вольтерра. Общая теорема о сходимости проекционных методов. Приближенные методы решения интегральных уравнений первого рода. Понятие о некорректно поставленных задачах и способах их решения.
<b>P-4</b>	Численные методы решения основных уравнений математической физики.	Постановки задач. Разностные методы. Способы построения разностных схем. Аппроксимация разностной схемы. Устойчивость разностной схемы. Сходимость разностной схемы. Связь аппроксимации и устойчивости со сходимостью. Разностные схемы для уравнений эллиптического типа. Решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Аппроксимация разностной схемы. Принцип максимума. Устойчивость и сходимость разностной схемы. Вопросы численной реализации. Метод матричной прогонки. Правило Рунге. Итерационные методы решения разностной схемы для эллиптических уравнений. Разностные схемы для уравнений параболического типа. Решение задачи Коши. Построение разностных схем, проверка условий аппроксимации. Устойчивость и сходимость двухслойных разностных схем. Вопросы численной реализации. Постановки задач

### **3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ**

#### **3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины**



#### 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 4.1. Лабораторные работы

«не предусмотрено»

##### 4.2. Практические занятия

«не предусмотрено»

##### 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

###### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

«не предусмотрено»

###### 4.3.2. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

«не предусмотрено»

###### 4.3.3. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

«не предусмотрено»]

###### 4.3.4. Примерная тематика контрольных работ

«не предусмотрено»

###### 4.3.5. Примерная тематика коллоквиумов

«не предусмотрено»

###### 4.3.5. Примерная тематика расчетно-графических работ

«не предусмотрено»

#### 5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
Р-1	*											
Р-2		*										
Р-3		*										
Р-4		*		*								

#### 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 1)



## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1.Рекомендуемая литература**

#### **7.1.1. Основная литература**

1. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике : учеб. пособие для студентов вузов / В. Е. Гмурман .— 11-е изд., перераб. — Москва : Юрайт, 2010 .— 404 с. : ил. ; 22 см .— (Основы наук) .— Тираж 4000 экз. — Рекомендовано в качестве учебного пособия .— ISBN 978-5-9916-0700-1.
2. Компьютерные методы вычислений : учебное пособие / авт.-сост. О. М. Огородникова ; науч. ред. С. А. Берестова ; Урал. гос. техн. ун-т - УПИ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина .— Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2008 .— 90 с. : ил. ; 21 см .— без грифа.
3. Анализ математических моделей: системы законов сохранения, уравнения Больцмана и Смолуховского : [монография] / В. А. Галкин .— Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009 .— 408 с. : ил. ; 22 см .— (Математическое моделирование) .— ISBN 978-5-94774-901-4.
4. Моделирование в научно-технических исследованиях.— М. : Радио и связь, 1989 .— 223с. — без грифа .— 1.90.

#### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Моделирование систем: учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автоматизация технол. процессов и пр-в" направления подгот. "Автоматизир. технологии и пр-ва" / [С. И. Дворецкий, Ю. Л. Муромцев, В. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе] .— Москва : Академия, 2009 .— 320 с. : ил. ; 21 см .— (Высшее профессиональное образование, Машиностроение) .— Авт. указаны на обороте тит. л. — Библиогр.: с. 313-314 (38 назв.). — Допущено в качестве учебника .— ISBN 978-5-7695-4737-9.
2. Основы компьютерного моделирования наносистем: учеб. пособие / И. М. Ибрагимов, А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010 .— 384 с. : ил. ; 21 см .— (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Тираж 1500 экз. — Библиогр.: с. 373-374 (15 назв.). — без грифа .— ISBN 978-5-8114-1032-3.
3. Математическое моделирование металлургических процессов: учебное пособие для вузов по специальности "Автоматизация металлург. пр-ва" / В. П. Цымбал .— Москва : Металлургия, 1986 .— 112 с. : ил. ; 20 см .— Предм. указ.: с. 238-239. — Библиогр.: с. 236-237 (41 назв.). — допущено в качестве учебного пособия .— 0.45.
4. Математическое моделирование основных процессов химических производств: Учеб. пособие для хим.-технолог. спец. вузов .— М. : Высш. шк., 1991 .— 400 с. ; 21 см. — допущено в качестве учебного пособия .— ISBN 5-06-002066-5 : 1.80.
5. Математические модели двигателей постоянного тока для задач управления: Учеб. пособие / Под общ. ред. Р.Т. Шрейнера; Урал. гос. техн. ун-т, Урал. гос. проф.-пед. ун-т .— Екатеринбург : УГТУ, 1999 .— 161 с. — рекомендовано в качестве учебного пособия .— ISBN 5-230-06585-0 : 19.93.
6. Моделирование систем: Учебник для студентов вузов / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев .— 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 2001 .— 343 с. : ил. ; 21 см .— Библиогр.: с. 340-341 (54 назв.). — рекомендовано в качестве учебника .— ISBN 5-06-003860-2 : 70.00.

### **7.2. Методические разработки**

*«не используются»*

### **7.3. Программное обеспечение**

1. Операционная система Windows 7 или выше.

2. Пакет Microsoft Office 2016 Professional (текстовый процессор Word, табличный процессор Excel, базы данных Access).
3. Система компьютерной математики MathCAD 14.

#### **7.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

- Электронные журналы издательства Taylor&Francis (компания Metapress) на английском языке (<http://www.tandfonline.com>).
- Academic Search Complete (<http://search.ebscohost.com>).
- Oxford University Press (<http://www.oxfordjournals.org/en/>).
- Wiley Online Library (<http://pubs.acs.org/>).
- Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>).
- IEEE Xplore, Institute of Electric and Electronic Engineers (IEEE) (<http://www.ieee.org/ieeexplore>).
- ООО Научная электронная библиотека(<http://elibrary.ru>).
- Oxford University Press (<http://www.oxfordjournals.org/en/>).
- ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).
- Scopus (<http://www.scopus.com/>).
- Springer Materials (<http://materials.springer.com/>).

#### **7.5. Электронные образовательные ресурсы**

- Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/about/department/catalog/rescatalog/>
- Электронный каталог <http://lib.urfu.ru/resources/ec/>
- Ресурсы <http://lib.urfu.ru/resources>
- Поиск <http://lib.urfu.ru/search>.

### **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Для освоения дисциплины "Аналитические методы исследования математических моделей" необходимо использовать компьютерную аудиторию (например, Т106б) с установленным офисным пакетом (например Microsoft Office 2007 или более новая версия или альтернативные пакеты) и универсальным математическим пакетом (MATHCAD 14 или аналог).

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### 6.1.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий *«не предусмотрено»*

#### 6.1.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий *«не предусмотрено»*

#### 6.1.3. Примерные контрольные кейсы *«не предусмотрено»*

#### 6.1.4. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Метод последовательных приближений Пикара решения ОДУ.
2. Метод Коши - метод степенных рядов решения ОДУ.
3. Метод ломаных Эйлера приближенного решения ОДУ.
4. Численные методы решения ОДУ, основанные на приближениях интегралов по формулам прямоугольников или трапеций.
5. Метод Рунге-Кутты приближенного решения ОДУ - общий подход, определение порядка точности и метод 1-го.
6. Методы Рунге-Кутты порядка 2 - 4.
7. Сходимость и оценка погрешности одношаговых методов численного решения ОДУ.
8. Главный член погрешности одношаговых методов решения ОДУ и правило Рунге выбора оптимального шага.
9. Многошаговые методы решения ОДУ: экстраполяционный метод Адамса.
10. Многошаговые методы решения ОДУ: интерполяционный метод Адамса.
11. Алгоритмы численного решения задачи Коши для системы ОДУ и ОДУ высших порядков.
12. Разностный метод решения краевой задачи для линейного ОДУ 2-го порядка.
13. Классификация линейных ДУ в частных производных 2-го порядка и основные краевые задачи для уравнений эллиптического типа.
14. Разностный (сеточный) метод решения краевой задачи Дирихле для уравнения Пуассона в прямоугольнике.
15. Разностный (сеточный) метод решения уравнений параболического типа в полуплоскости.
16. Разностные методы решения уравнений гиперболического типа.
17. Метод полиномиальной коллокации решения интегрального уравнения Фредгольма 2-го рода.
18. Метод сплайн-коллокации решения интегрального уравнения Фредгольма 2-го рода.
19. Квадратурные методы решения интегральных уравнений.

#### 6.1.5. Перечень примерных вопросов для экзамена *«не предусмотрено»*