

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

УТВЕРЖДАЮ

Директор НИИ



Артамонов Д.В.

« 1 » \_\_\_\_\_ 2014 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ФТД.1 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Направление подготовки: 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль): «Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)»

Квалификация выпускника  
Форма обучения

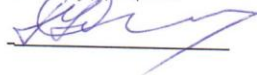
исследователь, преподаватель-исследователь  
заочная

Пенза, 2014

Программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Программу составил:

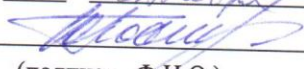
к.т.н., доцент



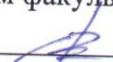
Убиенных Г.Ф.

Программа обсуждена на заседании кафедры «Информационно-вычислительные системы»

Протокол № 1 от «10» сентября 2014 года

Зав. кафедрой  Косников Ю.Н.  
(подпись, Ф.И.О.)

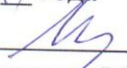
Программа согласована с деканом факультета Вычислительной Техники

Декан факультета  Фионова Л.Р.

«14» сентября 2014 года (подпись, Ф.И.О.)

Программа одобрена методической комиссией факультета Вычислительной Техники

Протокол № 1 от «18» 09 2014 года

Председатель методической комиссии  Коннов Н.Н.  
(подпись, Ф.И.О.)

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

## 1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются: ознакомление аспирантов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника» с вычислительными аспектами математических методов и моделей; выработка навыков численного решения задач математического моделирования.

## 2 Место дисциплины в структуре подготовки аспиранта

Учебная дисциплина «Современные методы математического моделирования» относится к факультативным дисциплинам образовательной программы.

Содержание дисциплины базируется на знаниях, приобретенных аспирантам при обучении по образовательным программам специалитета или магистратуры в рамках курсов системного анализа, методов оптимизации и оптимального управления, численных методов, дифференциальных уравнений, языков программирования высокого уровня, а также на материале курса «Вычислительная техника и информационные технологии в профессиональной научной деятельности» настоящей ОПОП.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Современные методы математического моделирования»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
ОПК-3	Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	Знать: методы математического моделирования; численные методы решения прикладных задач.
		Уметь: строить математические модели реальных задач; реализовывать численные методы на универсальных языках программирования и с использованием математических программных систем, применять методы математического моделирования в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности
		Владеть: навыками решения задач вычислительного характера численными методами.
ПК-4	Способность создавать методы, аппаратно-программные средства и технологии обработки информации, соответствующие современным направлениям развития информатики и вычислительной техники	Знать: методы и технологии обработки информации с применением математического моделирования, соответствующие современным направлениям развития информатики и вычислительной техники
		Уметь: применять полученные теоретические знания для разработки и модификации средств математического моделирования
		Владеть: навыками применения программных средств математического моделирования для решения прикладных задач информатики и вычислительной техники

## 4 Структура и содержание дисциплины «Современные методы математического моделирования»

### 4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)								Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)							
				Аудиторная работа				Самостоятельная работа				Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контролн. работ	Проверка реферата	Проверка выполнения индивидуального задания	Курсовая работа (проект)	Защита лаборатор. работ
				Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к аудиторным занятиям	Индивидуальное задание.	Курсовая работа (проект)								
1	Раздел 1. Математическое моделирование. Формы и принципы представления математических моделей	9		1	1			4				4							
2	Раздел 2. Математические пакеты программ	9		1	1			10	4	4		2							
3	Раздел 3. Численные методы алгебры	9		3	3			16	12	2		2							
4	Тема 3.1. Прямые методы решения СЛАУ	9		1	1			5	4	1									
5	Тема 3.2. Итерационные методы решения СЛАУ	9		1	1			5	4	1									
6	Тема 3.3. Итерационные методы вариационного типа	9		1	1			6	4			2							
7	Раздел 4. Интерполирование функций	9		2				10	8			2							
8	Тема 4.1. Интерполяционные поли-	9		1	1			5	4			1							

	номы Лагранжа и Ньютона																		
9	Тема 4.2. Сглаживание экспериментальных зависимостей по методу наименьших квадратов	9		1	1			5	4			1							
10	Раздел 5. Численное интегрирование и дифференцирование	9						12	4	4		4							
11	Тема 5.1. Численное дифференцирование	9						6	2	2		2							
12	Тема 5.2. Численное интегрирование: методы прямоугольников, трапеций, Симпсона	9						6	2	2		2							
13	Раздел 6. Численное решение дифференциальных уравнений	9		2	2			11	4	4		3							
14	Тема 6.1. Одношаговые методы решения задачи Коши	9		1	1			6	2	2		2							
15	Тема 6.2. Многошаговые методы	9		1	1			5	2	2		1							
	<i>Подготовка к экзамену</i>																		
	Общая трудоемкость, в часах			9	9			63	32	14		17	<i>Промежуточная аттестация</i>						
													<i>Форма</i>			<i>Семестр</i>			
													<i>Зачет</i>			<i>5</i>			

## 4.2. Содержание дисциплины

### 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ФОРМЫ И ПРИНЦИПЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Компьютерное моделирование как новый метод научных исследований. Классификация математических моделей, особенности их построения. Компьютерное моделирование и вычислительный эксперимент.

Погрешности вычислений: источники погрешностей вычислений, приближенные числа, абсолютная и относительная погрешности, верные значащие цифры. Погрешности округления. Погрешности арифметических операций над приближенными числами, погрешности вычисления функций.

Свойства вычислительных задач и алгоритмов: корректность вычислительной задачи, обусловленность вычислительной задачи, корректность вычислительных алгоритмов, устойчивость вычислительных алгоритмов, чувствительность к погрешностям округлений.

Требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам, сложность алгоритма (по памяти, по времени).

### 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПАКЕТЫ ПРОГРАММ

Коммерческие математические пакеты MATLAB, Maple, Mathematica, MathCad: основные характеристики и особенности. Свободно распространяемые пакеты: SciLab, GNU Octave, Maxima. Основные возможности и области применения.

### 3. ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ АЛГЕБРЫ

Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод Гаусса (схема единственного деления, выбор главного элемента по столбцу и по всей матрице, матрицы перестановок, метод Жордана-Гаусса); метод прогонки; метод LU-разложения; метод Холецкого; метод QR-разложения.

Решение систем с прямоугольными матрицами: переопределенные системы, задача наименьших квадратов, формирование и решение нормальной системы уравнений, использование QR-разложения для решения переопределенных систем, понятие сингулярного (SVD) разложения матриц, применение сингулярного разложения для решения систем с прямоугольными матрицами неполного ранга.

Дискретизация задач и особенности решения систем линейных алгебраических уравнений. Основные теоретические положения итерационных алгоритмов. Классические итерационные методы: методы Рундсона и Якоби, методы Зейделя и последовательной верхней релаксации. Итерационные методы вариационного типа: метод скорейшего спуска, метод минимальных невязок; невязные итерационные методы, предобусловливатели; метод сопряженных градиентов. Понятие о методах Крыловского подпространства.

### 4. ИНТЕРПОЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ

Построение интерполяционного полинома методом неопределенных коэффициентов.

Интерполяционная формула Лагранжа.

Интерполяционные многочлены Ньютона с конечными и разделенными разностями.

Равномерное приближение функций.

Сглаживание экспериментальных зависимостей по методу наименьших квадратов.

### 5. ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ И ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ

Численное дифференцирование.

Численное интегрирование: методы прямоугольников, трапеций, Симпсона

### 6. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Одношаговые методы решения задачи Коши: метод Эйлера, методы Рунге-Кутты. Решение систем дифференциальных уравнений и уравнений высшего порядка. Оценка погрешности одношаговых методов. Адаптивный выбор шага.

Многошаговые методы: методы Адамса-Башфорта и Адамса-Моултона, методы прогноза и коррекции.

## **5 Образовательные технологии**

В процессе изучения дисциплины применяются следующие образовательные технологии:

- мастер-класс по работе в среде MATLAB;
- выполнение индивидуальных заданий;
- использование обучающих программ и Интернет-ресурсов при выполнении лабораторных заданий и во время самостоятельной работы.

В целях реализации индивидуального подхода к обучению аспирантов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы с аспирантами, в том числе, в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций и т.д.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **6.1. Самостоятельная работа аспирантов**

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях со следующей тематикой: «Основы программирования в системе MATLAB», «Численное решение систем линейных алгебраических уравнений», «Численное интегрирование», «Численное решение дифференциальных уравнений».

Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных и библиотечных фондов и доступом к сети Интернет.

### **6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы аспирантов**

Используются следующие виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, на рабочих местах с доступом к ресурсам Internet и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе лабораторных занятий. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия.

### **6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний аспирантов**

Контроль освоения компетенций осуществляется в процессе защиты лабораторных работ и сдачи зачета.

Освоение компетенции контролируется в процессе защиты лабораторных работ. Оценивается умение использовать систему MATLAB для решения вычислительных задач и навыки решения таких задач численными методами. Критериями оценки является доказательство того, что полученные результаты являются решением задачи.

Во время сдачи зачета контролируется знание основных численных методов решения задач линейной алгебры и дифференциальных уравнений, обработки результатов экспериментов.

## Вопросы к зачету по дисциплине

1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент.
2. Погрешности вычислений: источники погрешностей вычислений, приближенные числа, абсолютная и относительная погрешности, верные значащие цифры.
3. Свойства вычислительных задач и алгоритмов: корректность вычислительной задачи, обусловленность вычислительной задачи, корректность вычислительных алгоритмов, устойчивость вычислительных алгоритмов, чувствительность к погрешностям округлений.
4. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод Гаусса.
5. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод Жордана-Гаусса.
6. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод LU-разложения.
7. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод прогонки.
8. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод Холецкого.
9. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод QR-разложения.
10. Вычисление определителей треугольной декомпозицией матрицы.
11. Обращение матриц путем решения вспомогательных систем линейных уравнений.
12. Решение систем с прямоугольными матрицами: переопределенные системы, задача наименьших квадратов.
13. Формирование и решение нормальной системы уравнений.
14. Использование QR-разложения для решения переопределенных систем.
15. Понятие сингулярного (SVD) разложения матриц, применение сингулярного разложения для решения систем с прямоугольными матрицами неполного ранга.
16. Дискретизация задач и особенности решения систем линейных алгебраических уравнений. Основные теоретические положения итерационных алгоритмов.
17. Классические итерационные методы: методы Рундсона и Якоби.
18. Классические итерационные методы: методы Зейделя и последовательной верхней релаксации.
19. Итерационные методы вариационного типа: метод скорейшего спуска.
20. Итерационные методы вариационного типа: метод минимальных невязок.
21. Неявные итерационные методы, предобуславливатели.
22. Метод сопряженных градиентов. Понятие о методах Крылова подпространства.
23. Решение частичной проблемы собственных значений: степенной метод, градиентный метод.
24. Решение нелинейных уравнений с одним неизвестным: методы половинного деления, ложного положения.
25. Решение нелинейных уравнений с одним неизвестным: методы Ньютона, секущих, простой итерации.
26. Решение систем нелинейных уравнений. Методы простой итерации и Ньютона.
27. Построение интерполяционного полинома методом неопределенных коэффициентов.
28. Интерполяционная формула Лагранжа.
29. Интерполяционные многочлены Ньютона с конечными и разделенными разностями.



30. Равномерное приближение функций.
31. Интерполяция сплайнами: интерполяционные сплайны, базисные сплайны.
32. Дискретное преобразование Фурье, Уолша, быстрое дискретное преобразование Фурье и тригонометрическая интерполяция.
33. Сглаживание экспериментальных зависимостей по методу наименьших квадратов.
34. Численное дифференцирование.
35. Численное интегрирование: методы прямоугольников, трапеций, Симпсона.
36. Одношаговые методы решения задачи Коши: метод Эйлера, методы Рунге-Кутты.
37. Решение систем дифференциальных уравнений и уравнений высшего порядка. Оценка погрешности одношаговых методов. Адаптивный выбор шага.
38. Вложенные формулы Рунге-Кутты. Методы Фельберга и Дормана-Принса.
39. Многошаговые методы: методы Адамса-Башфорта и Адамса-Моултона, методы прогноза и коррекции.
40. Численное интегрирование жестких систем ОДУ. Алгоритм Гира.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Амосов, А. А. Вычислительные методы / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова. – 4-е изд. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 672 с. (Учебники для вузов. Специальная литература). – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/reader/book/42190/>. – Электрон. версия печ. публикации. – ЭБС Лань: требуется авторизация пользователя.
2. Поршневу, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB: Учебное пособие / С.В. Поршневу. – 2-е изд. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 736 с. (Учебники для вузов. Специальная литература). – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/reader/book/650/>. – Электрон. версия печ. публикации. – ЭБС Лань: требуется авторизация пользователя.
3. Киреев, В.И. Численные методы в примерах и задачах: Учебное пособие / В.И. Киреев, А.В. Пантелеев. – 4-е изд. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 448 с. (Учебники для вузов. Специальная литература). – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/reader/book/65043/>. – Электрон. версия печ. публикации. – ЭБС Лань: требуется авторизация пользователя.

### **б) дополнительная литература**

4. Горбаченко, В.И. Вычислительная линейная алгебра с примерами на MATLAB: учеб. пособие. – СПб.: БХВ – Петербург, 2011. – 320 с.
5. Горбаченко, В.И. Численные методы решения задач линейной алгебры: лабораторный практикум в системе MATLAB: учеб. пособие / В.И. Горбаченко, Г.Ф. Убиенных. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. – 98 с.
6. Дьяконов, В.П. MATLAB R2007/2008/2009 для радиоинженеров / В.П. Дьяконов. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 976 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/reader/book/72986/>. – Электрон. версия печ. публикации. – ЭБС Лань: требуется авторизация пользователя.
7. Срочко В.А. Численные методы. Курс лекций: Учебное пособие / В.А. Срочко. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 208 с. (Учебники для вузов. Специальная литература). – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/reader/book/378/>. – Электрон. версия печ. публикации. – ЭБС Лань: требуется авторизация пользователя.

### **в) программное обеспечение и Интернет – ресурсы**

- 1) Программные продукты: система MATLAB версии 8.3 и выше.
- 2) Интернет-ресурсы:
  - Консультационный Центр MATLAB, <http://www.matlab.ru/>

- Образовательный математический сайт, <http://www.exponenta.ru/>
- Образовательный сайт «Интернет – Университет Информационных Технологий», <http://www.intuit.ru/>
- Электронные ресурсы издательства Springer. URL: <http://link.springer.com/search?facet-content-type=%22Book%22&showAll=false>.
- Электронные ресурсы издательства Elsevier. URL: <http://www.info.sciverse.com/sciencedirect/books/subjects/mathematics>
- Общероссийский математический портал. URL: Math-Net.Ru.
- Видеотека лекций по математике. URL: <http://www.mathnet.ru/php/presentation.phtml?eventID=15&optionlang=rus#PRELIST15>.
- Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов. URL: <http://school-collection.edu.ru/catalog/rubr/75f2ec40-e574-10d2-24eb-dc9b3d288563/25892/?interface=themcol>.
- Видеолекции ведущих ученых мира. URL: <http://www.academicearth.org/subjects/algebra>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной компьютерным проектором, проекционным экраном, шторами, сетью электропитания 220 В.

Лабораторные занятия проводятся в классе, оснащенном персональными компьютерами с операционной системой Windows XP/Windows Vista/Windows 7/8/10 или Linux.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			замененных	новых	аннулированных
2015/2016	Проб. №12 от 05.06.15 <i>[Подпись]</i>	Переутверждено без изменений			
2016/2017	Проб. № 11 от 22.06.2016 <i>[Подпись]</i>	Внесены изменения инициативы из ЭБС	9		
2017/2018	Проб. № 14 от 27.06.2017 <i>[Подпись]</i>	Переутверждено без изменений			
2018/2019	Проб. №1 от 06.09.2018 <i>[Подпись]</i>	Переутверждено без изменений			