

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
Обнинский институт атомной энергетики –  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

Одобрено УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ,  
Протокол №2-8/2021 От 30.08.2021

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

---

**Численные методы**

*название дисциплины*

для студентов направления подготовки

**01.03.02 – Прикладная математика и информатика**

*код и наименование направления подготовки*

профиля

**Прикладная информатика**

*код и наименование специализации/профиля*

Форма обучения: очная

**г. Обнинск, 2021 г.**

Программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по направлению подготовки **01.03.02 -«Прикладная математика и информатика»**

Программу составил:

\_\_\_\_\_ А.А. Шутов, профессор, д.ф.-м.н.

Рецензент:

\_\_\_\_\_ Р.Х. Алмаев, профессор каф. ВМ, д. ф.-м. н.

Программа рассмотрена на заседании отделения интеллектуальных кибернетических систем (О) (протокол № 5/7 от «30» июля 2021 г.)

Руководитель образовательной программы  
01.03.02 – «Прикладная математика и информатика»

\_\_\_\_\_ С.В. Ермаков

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций*</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности.	<b>Знать:</b> основные методы решения нелинейных уравнений и систем, интерполяции и аппроксимации функций, численного дифференцирования и интегрирования, численного решения дифференциальных уравнений, краевых задач <b>Уметь:</b> пользоваться аналитическими методами обоснования приближенных постановок <b>Владеть:</b> навыками вычислительной работы
ОПК-3	Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности.	
ПК-1	Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать научные результаты, относящиеся к поставленной проблеме.	
ПК-2	Способность понимать, применять и совершенствовать современный математический аппарат.	

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках общепрофессионального модуля. Индекс дисциплины: Б.04.04.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Математический анализ», «Комплексный анализ», «Линейная алгебра», «Функциональный анализ», «Дифференциальные уравнения» «Теория вероятностей и математическая статистика»

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре.

**3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

<b>Вид работы</b>	<b>Количество часов на вид работы:</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>64</b>
В том числе:	
<i>лекции</i>	32
<i>практические занятия</i>	
<i>лабораторные занятия</i>	32
<b>Промежуточная аттестация</b>	
В том числе:	
<i>экзамен</i>	<b>36-</b>
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>	<b>44</b>
В том числе:	
<i>проработка учебного (теоретического) материала</i>	15
<i>выполнение домашних заданий</i>	15
<i>подготовка к защите лабораторных работ (в течение семестра)</i>	
<i>подготовка к экзамену (по окончании семестра)</i>	14
<b>Всего (часы):</b>	<b>144</b>
<b>Всего (зачетные единицы):</b>	<b>4</b>

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах (вносятся данные по реализуемым формам)				
		Очная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Решение нелинейных уравнений и систем</b>					
1.1.	<b>Тема:</b> Итерационные методы поиска корней уравнения	2	2			3
1.2.	<b>Тема:</b> Сходимость и погрешность корня уравнения	1	1			2
1.3.	<b>Тема:</b> Методы Ньютона, простой итерации, Зейделя для систем уравнений	2	2			3
1.4.	<b>Тема:</b> Условия сходимости решения системы	1	1			2
<b>2.</b>	<b>Раздел 1. Интерполяция функций. Численное дифференцирование и интегрирование</b>					
2.1.	<b>Тема:</b> Постановка задачи об интерполяции. Интерполяция многочленами.	2	2			2
2.2.	<b>Тема:</b> Многочлены Лагранжа и Ньютона. Погрешность интерполяции.	2	2			3
2.3.	<b>Тема:</b> Дифференцирование многочлена Ньютона. Погрешность вычисления производной.	2	2			3
2.4.	<b>Тема:</b> Метод Лагранжа. Порядок аппроксимации производных на сетке.	2	2			3
2.5.	<b>Тема:</b> Квадратурные формулы (составные) прямоугольников, трапеций, Симпсона. Их погрешность.	2	2			4
2.6.	<b>Тема:</b> Автоматический выбор шага интегрирования. Интегрирование функций специального вида.	2	2			3
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Численное решение задачи Коши обыкновенных дифференциальных уравнений. Численные методы алгебры. Сплайны. Численное решение краевых задач</b>					
3.1.	<b>Тема:</b> Метод Эйлера решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения 1-го порядка (ОДУ-1) и ее сходимость. Схемы второго порядка точности.	2	2			2
3.2.	<b>Тема:</b> Метод Коши численного решения задачи Коши ОДУ-2. Условия сходимости.	2	2			3
3.3.	<b>Тема:</b> Прямые методы линейной алгебры.	2	2			2
3.4.	<b>Тема:</b> Итерационные методы линейной алгебры.	2	2			2
3.5.	<b>Тема:</b> Линейные, квадратичные, кубические сплайны и их погрешность.	2	2			3
3.6.	<b>Тема:</b> Краевая задача для ОДУ-2. Разностная схема. Метод прогонки.	2	2			2

3.7.	<b>Тема:</b> Специфика линейных алгебраических систем для разностных схем. Третья краевая задача. Условия на коэффициенты ОДУ	2	2			2
	<b>Итого за 4 семестр:</b>	32	32			44

*Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся*

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

##### Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	<b>Раздел 1. Решение нелинейных уравнений и систем</b>	
1.1.	<b>Тема:</b> Итерационные методы поиска корней уравнения	Метод деления отрезка пополам. Метод итераций. Сходимость для Липшиц-непрерывной функции. Методы Ньютона, хорд, секущих.
1.2.	<b>Тема:</b> Сходимость и погрешность корня уравнения	Сходимость и погрешность методов нахождения корня уравнения
1.3.	<b>Тема:</b> Методы Ньютона, простой итерации, Зейделя для систем уравнений	Метод Ньютона. Теорема Канторовича. Метод итераций решения систем нелинейных уравнений. Метод Зейделя
1.4.	<b>Тема:</b> Условия сходимости решения системы	Условия сходимости методов нахождения решений систем уравнений.
2.	<b>Раздел 2. Интерполяция функций. Численное дифференцирование и интегрирование</b>	
2.1.	<b>Тема:</b> Постановка задачи об интерполяции. Интерполяция многочленами.	Понятие сетки, сеточной функции. Интерполяция функций. Постановка задачи об интерполяции. Интерполяция многочленами
2.2.	<b>Тема:</b> Многочлены Лагранжа и Ньютона. Погрешность интерполяции.	Интерполяционные многочлены Лагранжа и Ньютона. Погрешность интерполяции. Обратная интерполяция
2.3.	<b>Тема:</b> Дифференцирование многочлена Ньютона. Погрешность вычисления производной.	Некорректность операции численного дифференцирования. Дифференцирование, основанное на интерполяционных формулах. Погрешность вычисления производной. Оптимальный шаг дифференцирования
2.4.	<b>Тема:</b> Метод Лагранжа. Порядок аппроксимации	Формулы для приближения первой и второй производных на заданной сетке. Метод неопределенных коэффициентов

	производных на сетке.	Лагранжа. Порядок аппроксимации производных на сетке. Его зависимость от класса гладкости функций
2.5.	<b>Тема:</b> Квадратурные формулы (составные) прямоугольников, трапеций, Симпсона. Их погрешность.	Использование интерполяции для вычисления определенного интеграла. Простейшие формулы численного интегрирования. Формулы (составные) прямоугольников, трапеций, Симпсона. Их погрешность в зависимости от класса гладкости приближаемой функции.
2.6.	<b>Тема:</b> Автоматический выбор шага интегрирования. Интегрирование функций специального вида.	Вычисление интеграла с автоматическим выбором шага. Правило Рунге. Интегрирование с помощью степенных рядов. Интегрирование быстро осциллирующей функции
3.	<b>Раздел 3. Численное решение задачи Коши обыкновенных дифференциальных уравнений. Численные методы алгебры. Сплаины. Численное решение краевых задач</b>	
3.1.	<b>Тема:</b> Метод Эйлера решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения 1-го порядка (ОДУ-1) и ее сходимость. Схемы второго порядка точности.	Примеры отсутствия явных формул для решений дифференциальных уравнений в элементарных функциях. Задача Коши для обыкновенного дифференциального уравнения 1-го порядка (ОДУ-1). Соответствующая разностная схема Эйлера. Порядок аппроксимации разностной схемы Эйлера. Понятие сходимости схемы. Обоснование сходимости разностной схемы Эйлера. Схемы второго порядка точности. Методы дробных шагов, Коши-Эйлера. Метод Рунге-Кутты.
3.2.	<b>Тема:</b> Метод Коши численного решения задачи Коши ОДУ-2. Условия сходимости.	Метод Коши численного решения задачи Коши ОДУ-2. Явная, неявная схема. Условия сходимости
3.3.	<b>Тема:</b> Прямые методы линейной алгебры.	Метод Гаусса решения систем линейных алгебраических уравнений. Модификация с выбором главного элемента. Методы факторизации и квадратного корня. Вычисление детерминантов. Обращение матриц.
3.4.	<b>Тема:</b> Итерационные методы линейной алгебры.	Метод простой итерации решения системы линейных уравнений. Условие сходимости. Метод Зейделя. Метод итераций для вычисления главного собственного вектора и собственного числа
3.5.	<b>Тема:</b> Линейные, квадратичные, кубические сплайны и их погрешность.	Сплаины. Простейшие сплайны. Построение сплайна. Построение графиков с помощью квадратичных сплайнов. Механическая интерпретация кубического сплайна. Кубический сплайн. Погрешность аппроксимации
3.6.	<b>Тема:</b> Краевая задача для ОДУ-2. Разностная схема. Метод прогонки.	Краевая задача для обыкновенного дифференциального (ОДУ) уравнения 2-го порядка. Разностная схема для ОДУ 2-го порядка. Соответствующая система уравнений. Метод прогонки.
3.7.	<b>Тема:</b> Специфика линейных алгебраических систем для разностных схем. Третья краевая задача. Условия на коэффициенты ОДУ	Специфика линейных алгебраических систем для разностных схем. Применение в случае метода прогонки для третьей краевой задачи. Условия на коэффициенты ОДУ

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Название темы
1.	<b>Раздел 1. Решение алгебраических и трансцендентных уравнений</b>	
	Темы 1.1. и 1.2.	Методы поиска корней уравнения
	Темы 1.3. и 1.4.	Решение системы уравнений методом Ньютона
2.	<b>Раздел 2. Интерполяция функций. Численное дифференцирование и интегрирование</b>	
	Темы 2.1. - 2.6.	Составление таблицы первообразной функции
3.	<b>Раздел 3. Численное решение задачи Коши обыкновенных дифференциальных уравнений. Численные методы алгебры. Сплаины. Численное решение краевых задач</b>	
	Темы 3.1. и 3.2.	Решение задачи Коши ОДУ-2
	Тема 3.3. -3.5	Построение квадратичного (кубического) сплайна

### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Н. Бахвалов, Н. Жидков, Г. Кобельков. Численные методы. М. С-Пб.: Физматлит, 2002. (В библиотеке ИАТЭ имеется 100 экз.)
2. У.Г. Пирумов. Численные методы. М.: Дрофа, 2003. (В библиотеке ИАТЭ имеется 100 экз.)
3. А.А. Шутов. Задачи и упражнения по курсу «Вычислительная математика» (учебное пособие). Обнинск: ИАТЭ, 2005г. (В библиотеке ИАТЭ имеется 100 экз.)
4. А.А. Шутов, В.А. Галкин. Интерполирование функций, численное дифференцирование, численное интегрирование (учебное пособие). Обнинск: ИАТЭ, 2006г. (В библиотеке ИАТЭ имеется 50 экз.)
5. А.А. Шутов, В.А. Галкин. Численное решение трансцендентных уравнений, задач линейной алгебры. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и краевых задач (учебное пособие). Обнинск: ИАТЭ, 2006г. (В библиотеке ИАТЭ имеется 50 экз.)
6. И.С. Березин, Н.П. Жидков. Методы вычислений. Т.1, М.: Наука, 1968.
7. Н.Н. Калиткин. Численные методы. М.: Наука, 1978.
8. Н.С. Бахвалов. Численные методы. М.: Наука, 1975.
9. Е.А. Волков. Численные методы. М.: Наука, 1987.

### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

#### Перечень оценочных средств:

Вид контроля	Наименование оценочного средства (способ оценки: устно/ письменно)
ДЗ	Домашнее задание (письменно)
КТ	Контроль по итогам выполнения части заданий (интегральная) оценка без проведения дополнительного контроля)
	Бонусы (премиальные баллы)



Экзамен	Вопросы к экзамену. Экзаменационный билет.
---------	--

### 6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
<b>Текущий контроль, 4 семестр</b>			
1.	<b>РАЗДЕЛ 1.</b> Решение нелинейных уравнений и систем	ОПК-1, ОПК-3, ПК-1, ПК-2	1. - <b>Методы поиска корней уравнения</b> 2. - <b>Решение системы уравнений методом Ньютона</b> Домашнее задание №1 Домашнее задание №2 Контрольная точка КТ№1
2.	<b>РАЗДЕЛ 2.</b> Интерполяция функций. Численное дифференцирование и интегрирование	ОПК-1, ОПК-3, ПК-1, ПК-2	3. <b>Составление таблицы первообразной функции.</b> Домашнее задание №3
3.	<b>Раздел 3.</b> Численное решение задачи Коши ОДУ. Численные методы алгебры. Сплайны. Численное решение краевых задач	ОПК-1, ОПК-3, ПК-1, ПК-2	4. - <b>Решение задачи Коши ОДУ-2</b> 5. - <b>Построение квадратичного (кубического) сплайна</b> Домашнее задание №4 Домашнее задание №5 Контрольная точка КТ№2
<b>Промежуточный контроль, 4 семестр</b>			
	экзамен	ОПК-1, ОПК-3, ПК-1, ПК-2	Экзаменационный билет
Всего:			

**6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### 6.2.1. Экзамен

**Вопросы к экзамену по дисциплине «Численные методы»**

1. Методы решения нелинейных уравнений. Метод деления отрезка пополам. Оценка погрешности, особенности применения.
2. Метод итераций нахождения корня уравнения. Условие сходимости. Погрешность.
3. Метод Ньютона отыскания корня уравнения. Теорема сходимости. Погрешность метода.
4. Методы хорд, секущих. Геометрическая интерпретация.
5. Методы решения нелинейных уравнений. Метод простой итерации. Сходимость
6. Методы решения нелинейных уравнений. Метод Ньютона. Теорема Канторовича.
7. Понятие сетки, сеточной функции. Интерполяция функций. Постановка задачи об интерполяции.

8. Обобщенный интерполяционный многочлен.
9. Интерполяционные многочлены Лагранжа и Ньютона.
10. Простейшие формулы численного дифференцирования на равномерной сетке и их погрешность.
11. Порядок точности (аппроксимации) приближенной формулы на сетке.
12. Оптимальный шаг дифференцирования.
13. Квадратурные формулы прямоугольников. Погрешность формулы средних.
14. Квадратурная формула трапеций и ее погрешность.
15. Квадратурная формула Симпсона.
16. Вычисление интеграла с автоматическим выбором шага.
17. Использование рядов для вычисления определенных интегралов.
18. Метод Эйлера для задачи Коши ОДУ-1. Сходимость метода.
19. Методы второго порядка точности. Метод дробных шагов, метод Коши-Эйлера.
20. Метод Рунге-Кутты.
21. Метод Коши численного решения задачи Коши ОДУ-2. Явная, неявная схема. Условия сходимости.
22. Метод простой итерации решения системы линейных уравнений. Условие сходимости.
23. Постановка задачи построения сплайна.
24. Построение графиков с помощью квадратичных сплайнов.
25. Механическая интерпретация кубического сплайна. Построение кубического сплайна.
26. Разностная схема краевой задачи для ОДУ 2-го порядка.
27. Метод прогонки.
28. Применение в случае метода прогонки для третьей краевой задачи. Условия на коэффициенты ОДУ.

#### Методика оценки результатов сдачи экзамена

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ, с учётом характера будущей практической деятельности выпускника.

**«ОТЛИЧНО»** (35-40 баллов) - студент владеет знаниями предмета в соответствии с рабочей программой, достаточно глубоко осмысливает дисциплину; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на вопросы, четко формулирует ответ.

**«ХОРОШО»** (26-34 баллов) - студент владеет знаниями дисциплины почти в полном объеме программы (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих соображениях дает полноценный ответ на вопрос.

**«УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»** (20-25 баллов) - студент владеет основным объемом знаний по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускаются ошибки по существу вопросов.

**«НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»** (ниже 20 баллов) - студент не освоил обязательного минимума знаний предмета; не способен ответить на вопрос даже при дополнительных наводящих соображениях экзаменатора.

**Итоговая оценка по курсу выставляется в соответствии со следующей таблицей:**

Сумма баллов по дисциплине	Оценка по 4-х бальной шкале	Оценка	Оценка (ECTS)	Градация
90 - 100	5 (отлично)	Оценка	A	Отлично
85 - 89	4 (хорошо)		B	Очень хорошо
75 - 84			C	Хорошо

70 - 74	3 (удовлетворительно)		D	Удовлетворительно
65 - 69			E	Посредственно
60 - 64			F	Неудовлетворительно
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	<b>Оценка</b>		

### 6.2.2. Домашнее задание

В целях приобретения практических навыков и более глубокого освоения предмета «Численные методы» студентам предлагаются следующие варианты домашних заданий для самостоятельной работы. Отчет о выполнении домашнего задания представляется в письменном виде.

Ниже приводятся примерные варианты домашних заданий.

#### Домашнее задание №1: «Разработка алгоритма расчета вещественного корня нелинейного уравнения»

Отчет по работе должен содержать следующие разделы:

- аналитическая постановка задачи;
- графическая процедура отделения корней (с указанием графического редактора) и определение их количества;
- обоснование сходимости для выбранного вида уравнения;
- итерационные формулы использованных методов;
- погрешность методов;
- программная реализация алгоритма на одном из языков высокого уровня.

#### Вариант 1

Найти корни уравнения с точностью  $10^{-8}$

$$0.6 \cdot 3^x - 2.3 \cdot x - 3 = 0$$

- а) методом деления отрезка пополам
- б) один из корней методом итераций.

#### Вариант 2

Найти корни уравнения с точностью  $10^{-6}$

$$\sin x - \cos x + 2x = 0$$

- а) методом деления отрезка пополам
- б) один из корней методом Ньютона.

#### Вариант 3

Найти корни уравнения с точностью  $10^{-9}$

$$\cos x - \exp(-0.5x^2) + x - 1 = 0$$

- а) методом деления отрезка пополам
- б) один из корней методом хорд.

#### Вариант 4

Найти корни уравнения с точностью  $10^{-7}$

$$x + \sqrt{x} + \sqrt[3]{x} - 2.5 = 0$$

- а) методом деления отрезка пополам
- б) один из корней методом итераций.

#### Вариант 5

Найти корни уравнения с точностью  $10^{-7}$

$$\frac{1}{x} - 2 + \sin x = 0$$

- а) методом деления отрезка пополам
- б) один из корней методом Ньютона.

**Вариант 6**

Найти два наименьших положительных корня уравнения с точностью  $10^{-8}$

$$2x \sin x - \cos x = 0$$

- а) методом деления отрезка пополам  
б) один из корней методом итераций.

**Вариант 7**

Найти корни уравнения с точностью  $10^{-8}$

$$x(3 + \sin 3,6x) - 1 = 0$$

- а) методом деления отрезка пополам  
б) один из корней методом итераций.

**Вариант 8**

Найти корни уравнения с точностью  $10^{-8}$

$$1 - x + \sin x - \ln(1 + x) = 0$$

- а) методом деления отрезка пополам  
б) один из корней методом хорд.

**Вариант 9**

Найти два наименьших положительных корня уравнения с точностью  $10^{-6}$

$$3x \sin x - \cos x = 0$$

- а) методом деления отрезка пополам  
б) один из корней методом Ньютона.

**Вариант 10**

Найти два наибольших отрицательных корня уравнения с точностью  $10^{-6}$

$$\operatorname{tg} x - \sqrt{1 - x} = 0$$

- а) методом деления отрезка пополам  
б) один из корней методом итераций.

**Домашнее задание №2: «Разработка алгоритма расчета вещественных корней системы двух нелинейных уравнений методом Ньютона»**

Отчет по работе должен содержать следующие разделы

- аналитическая постановка задачи;
- процедура отделения корней и определение их количества;
- итерационные формулы метода;
- погрешность метода;
- программная реализация алгоритма на одном из языков высокого уровня.

**Вариант 1**

Решить систему уравнений с точностью  $10^{-5}$

$$4y^3 - 2x^3 - 20x^2 + 1 = 0$$

$$3y^3 - 2x^2 + 10y - 5 = 0$$

**Вариант 2**

Решить систему уравнений с точностью  $10^{-6}$

$$2x^3 - y^2 - 1 = 0$$

$$xy^3 - y - 4 = 0$$

**Вариант 3**

Решить систему уравнений с точностью  $10^{-7}$

$$\begin{aligned}
 x^3 + 2x^2 - 3xy^2 + 6xy - x - 2y^2 + y + 4 &= 0 \\
 -y^3 + 3y^2 + 3x^2y + 4xy - y - 3x^2 - x - 2 &= 0 \\
 x < 0, \quad y > 0
 \end{aligned}$$

#### Вариант 4

Решить систему уравнений с точностью  $10^{-7}$

$$\begin{aligned}
 \sin(x + y) - 1.1x &= -0.2 \\
 x^2 + y^2 &= 1 \\
 x > 0, \quad y > 0
 \end{aligned}$$

#### Вариант 5

Решить систему уравнений с точностью  $10^{-6}$

$$\begin{aligned}
 4x^2 + y^2 + 2xy - y - 2 &= 0 \\
 2x^2 + 3xy + y^2 - 3 &= 0
 \end{aligned}$$

#### Вариант 6

Решить систему уравнений с точностью  $10^{-5}$

$$\begin{aligned}
 \operatorname{tg}(xy + 0.4) &= x^2 \\
 0.5x^2 + 2y^2 &= 1 \\
 x > 0, \quad y > 0
 \end{aligned}$$

#### Вариант 7

Решить систему уравнений с точностью  $10^{-5}$

$$\begin{aligned}
 \exp(xy) &= x^2 - y + 1.5 \\
 (x + 0.5)^2 + y^2 &= 1
 \end{aligned}$$

#### Вариант 8

Решить систему уравнений с точностью  $10^{-6}$

$$\begin{aligned}
 2x^2 - xy - 5x + 1 &= 0 \\
 x + 3\lg x - y^2 &= 0 \\
 x > 0, \quad y < 0
 \end{aligned}$$

#### Вариант 9

Решить систему уравнений с точностью  $10^{-7}$

$$\begin{aligned}
 x^2y^2 - 3x^3 - 6y^3 + 8 &= 0 \\
 x^4 - 9y + 2 &= 0 \\
 x > 0, \quad y > 0
 \end{aligned}$$

#### Вариант 10

Решить систему уравнений с точностью  $10^{-5}$

$$\begin{aligned}
 \sin x - y &= -1.32 \\
 \cos y - x &= -0.85 \\
 x > 0, \quad y > 0
 \end{aligned}$$

### Домашнее задание №3: «Разработка алгоритма вычисления первообразной функции на заданной сетке»

Отчет по работе должен содержать следующие разделы

- аналитическая постановка задачи;
- квадратурная формула;
- погрешность метода;
- программная реализация алгоритма на одном из языков высокого уровня.

Во всех вариантах требуется вычислить интеграл на заданной сетке

$$F(x) = \int_a^x f(t)dt, \quad a \leq x \leq b$$

### Вариант 1

По формуле трапеций составить таблицу первообразной функции с шагом  $h$  и точностью  $\varepsilon=10^{-6}$ .

$$f(x) = \frac{\ln x}{x\sqrt{1+\ln x}}, \quad 1 \leq x \leq 4, \quad h = 0.2$$

### Вариант 2

По формуле Симпсона составить таблицу первообразной функции с шагом  $h$  и точностью  $\varepsilon=10^{-7}$ .

$$f(x) = tg^2 x + ctg^2 x, \quad \frac{\pi}{36} \leq x \leq \frac{17}{36}\pi, \quad h = \frac{\pi}{36}$$

### Вариант 3

По формуле трапеций составить таблицу первообразной функции с шагом  $h$  и точностью  $\varepsilon=10^{-6}$ .

$$f(x) = \frac{1}{x \lg x}, \quad 2 \leq x \leq 3, \quad h = 0.1$$

### Вариант 4

По формуле Симпсона составить таблицу первообразной функции с шагом  $h$  и точностью  $\varepsilon=10^{-7}$ .

$$f(x) = \frac{1}{x} \ln^2 x, \quad 1 \leq x \leq 4, \quad h = 0.2$$

### Вариант 5

По формуле трапеций составить таблицу первообразной функции с шагом  $h$  и точностью  $\varepsilon=10^{-6}$ .

$$f(x) = \sqrt{e^x - 1}, \quad 0 \leq x \leq 1, \quad h = 0.1$$

### Вариант 6

По формуле трапеций составить таблицу первообразной функции с шагом  $h$  и точностью  $\varepsilon=10^{-7}$ .

$$f(x) = xe^x \sin x, \quad 0 \leq x \leq 1, \quad h = 0.1$$

### Вариант 7

По формуле Симпсона составить таблицу первообразной функции с шагом  $h$  и точностью  $\varepsilon=10^{-6}$ .

$$f(x) = xshx, \quad 0 \leq x \leq 2, \quad h = 0.2$$

### Вариант 8

По формуле трапеций составить таблицу первообразной функции с шагом  $h$  и точностью  $\varepsilon=10^{-7}$ .

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{9+x^2}}, \quad 0 \leq x \leq 2, \quad h = 0.2$$

### Вариант 9

По формуле Симпсона составить таблицу первообразной функции с шагом  $h$  и точностью  $\varepsilon=10^{-6}$ .

$$f(x) = \frac{1}{x^2} \sin \frac{1}{x}, \quad 1 \leq x \leq 3, \quad h = 0.2$$

### Вариант 10

По формуле Симпсона составить таблицу первообразной функции с шагом  $h$  и точностью  $\varepsilon=10^{-7}$ .

$$f(x) = x \cdot \arctg x, \quad 0 \leq x \leq 2, \quad h = 0.2$$

## Домашнее задание №4: «Разработка алгоритма решения задачи Коши ОДУ-2 методом Коши-Эйлера»

Отчет по работе должен содержать следующие разделы

- аналитическая постановка задачи;
- итерационные формулы расчета сеточной функции;
- погрешность метода;
- программная реализация алгоритма на одном из языков высокого уровня.

### Вариант 1

Решить задачу Коши

$$u'' + u = \frac{1}{\cos x}, \quad u(0) = 1, \quad u'(0) = 0, \quad 0 \leq x \leq 1$$

с шагами  $h=0.1$  и  $h=0.01$ .

### Вариант 2

Решить задачу Коши

$$u'' + 2u' + 2u = 2e^{-x} \cos x, \quad u(0) = 1, \quad u'(0) = 0, \quad 0 \leq x \leq 1$$

с шагами  $h=0.1$  и  $h=0.01$ .

### Вариант 3

Решить задачу Коши

$$u'' + 4u = e^{3x}(13x - 7), \quad u(0) = 0, \quad u'(0) = -4, \quad 0 \leq x \leq 1$$

с шагами  $h=0.1$  и  $h=0.01$ .

### Вариант 4

Решить задачу Коши

$$u'' + 4u' + 4u = 0, \quad u(0) = 1, \quad u'(0) = -1, \quad 0 \leq x \leq 1$$

с шагами  $h=0.1$  и  $h=0.01$ .

### Вариант 5

Решить задачу Коши

$$u'' - u = \sin x + \cos 2x, \quad u(0) = 1.8, \quad u'(0) = -0.5, \quad 0 \leq x \leq 2$$

с шагами  $h=0.1$  и  $h=0.01$ .

### Вариант 6

Решить задачу Коши

$$u'' - 3u = e^{5x}, \quad u(0) = 2.2, \quad u'(0) = 0.8, \quad 0 \leq x \leq 1$$

с шагами  $h=0.1$  и  $h=0.01$ .

Приближенное решение сравнить с точным решением

$$u = 2 + 0.1(e^{3x} + e^{5x})$$

### Вариант 7

Решить задачу Коши

$$u'' + 4u = \cos 3x, \quad u(0) = 0.8, \quad u'(0) = 2, \quad 0 \leq x \leq 1$$

с шагами  $h=0.1$  и  $h=0.01$ .

Приближенное решение сравнить с точным решением

$$u = \cos 2x + \sin 2x - 0.2 \cos 3x$$

### Вариант 8

Решить задачу Коши

$$u'' - u' - 6u = 2e^{4x}, \quad u(0) = 1.43333, \quad u'(0) = -0.36666, \quad 0 \leq x \leq 1$$

с шагами  $h=0.1$  и  $h=0.01$ .

### Вариант 9

Решить задачу Коши

$$u'' - 2u' + u = 5xe^x, \quad u(0) = 1, \quad u'(0) = 2, \quad 0 \leq x \leq 1$$

с шагами  $h=0.1$  и  $h=0.01$ .

### Вариант 10

Решить задачу Коши

$$u'' + u' - 6u = 3x^2 - x - 1, \quad u(0) = -0.9, \quad u'(0) = 3.2, \quad 0 \leq x \leq 1$$

с шагами  $h=0.1$  и  $h=0.01$ .

### Домашнее задание №5: «Разработка алгоритма построения графика функции с помощью квадратичного сплайна»

Отчет по работе должен содержать следующие разделы

- аналитическая постановка задачи;
- итерационные формулы расчета сеточной функции;
- погрешность метода;
- программная реализация алгоритма на одном из языков высокого уровня.

#### Вариант 1

С помощью квадратичного сплайна построить сеточный график функции

$$y(x) = \sin \frac{\pi x}{2} \quad 0 \leq x \leq 1$$

с шагом  $h=10^{-2}$

#### Вариант 2

С помощью квадратичного сплайна построить сеточный график функции

$$y(x) = x^2 \quad 0 \leq x \leq 5$$

с шагом  $h=10^{-2}$

#### Вариант 3

С помощью квадратичного сплайна построить сеточный график функции

$$y(x) = x^3 \quad 0 \leq x \leq 5$$

с шагом  $h=10^{-2}$

#### Вариант 4

С помощью квадратичного сплайна построить сеточный график функции

$$y(x) = 8 \left| x - \frac{1}{2} \right|^3 \quad 0 \leq x \leq \pi$$

с шагом  $h=\pi/100$

#### Вариант 5

С помощью квадратичного сплайна построить сеточный график функции

$$y(x) = 4 \left( x - \frac{1}{2} \right) \left| x - \frac{1}{2} \right| \quad 0 \leq x \leq 5$$

с шагом  $h=10^{-2}$

#### Вариант 6

С помощью квадратичного сплайна построить сеточный график функции

$$y(x) = 2 \left| x - \frac{1}{2} \right| \quad -1 \leq x \leq 1$$

с шагом  $h=10^{-2}$

#### Вариант 7

С помощью квадратичного сплайна построить сеточный график функции

$$y(x) = x^2 + 2x + 1 \quad -1 \leq x \leq 1$$

с шагом  $h=10^{-2}$



### Вариант 8

С помощью квадратичного сплайна построить сеточный график функции

$$y(x) = x^3 + x \quad 0 \leq x \leq 5$$

с шагом  $h=10^{-2}$

### Вариант 9

С помощью квадратичного сплайна построить сеточный график функции

$$y(x) = 2 \left( x - \frac{1}{3} \right) \left| x - \frac{1}{3} \right| \quad -1 \leq x \leq 1$$

с шагом  $h=10^{-2}$

### Вариант 10

С помощью квадратичного сплайна построить сеточный график функции

$$y(x) = x^3 - x^2 \quad -2 \leq x \leq 2$$

с шагом  $h=10^{-2}$

### 6.2.3. Лабораторная работа

Лабораторные работы выполняются в компьютерном классе в соответствии с предложенным домашним заданием. Защита работы выполняется устно.

#### Порядок выполнения работ

- ознакомиться с аналитической постановкой лабораторной работы,
- проработать соответствующий теоретический материал,
- разработать численный алгоритм, исследовать его сходимость и устойчивость,
- оценить погрешность метода,
- составить программу расчета по разработанному алгоритму для ПК на одном из языков высокого уровня,
- представить результаты расчетов в графическом и табличном виде,
- оформить отчет по лабораторной работе.

#### Перечень лабораторных работ:

1. Методы поиска корней уравнения.
2. Решение системы уравнений методом Ньютона.
3. Составление таблицы первообразной функции.
4. Решение задачи Коши ОДУ-2.
5. Построение квадратичного (кубического) сплайна.

#### Шкала оценки образовательных достижений:

Оценка выставляется по совокупности баллов за домашнее задание и лабораторную работу одноименной тематики:

ДЗ-1+ЛР-1 – 15 баллов макс;

ДЗ-2+ЛР-2 – 10 баллов макс;

КТ№1 - 25 баллов макс;

ДЗ-3+ЛР-3 – 10 баллов макс;

ДЗ-4+ЛР-4 – 10 баллов макс;

ДЗ-5+ЛР-5 – 10 баллов макс;

КТ№2 - 30 баллов макс;

Бонусы – 5 баллов макс.

Максимальный итоговый балл текущего контроля по итогам семестра составляет 60 баллов.

### **6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	<b>Контрольная точка № 1</b>	17	25
	ДЗ-1+ЛР-1	10	15
	ДЗ-2+ЛР-2	7	10
	<b>Контрольная точка № 2</b>	18	30
	ДЗ-3+ЛР-3	6	10
	ДЗ-4+ЛР-4	6	10
	ДЗ-5+ЛР-5	6	10
	Бонусы	0	5
Промежуточный	<b>Зачет</b>		
	Зачетный билет	20(25)*	40
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		60	100

\* **Положительный** ответ студента на **промежуточном** контроле (экзамене или зачете) оценивается рейтинговыми баллами в диапазоне от **20** до **40**. Итоговая положительная оценка должна быть не менее 60 баллов. Следовательно, при минимально допустимом уровне 35 баллов текущего контроля (по сумме баллов двух контрольных точек) ответ считается положительным, если его оценка составляет минимум **25** баллов. Это значение указано в строке «Зачетный билет» таблицы во втором столбце.

Определение бонусов и штрафов

Бонусы: поощрительные баллы студент получает к своему рейтингу в конце

семестра за активную и регулярную работу на занятиях, за своевременную защиту лабораторных работ.

По Положению бонус (премиальные баллы) не может превышать **5 баллов**.

Штрафы: за несвоевременную сдачу лабораторных работ максимальная оценка может быть снижена на 30 %.

Оценка сформированности компетенций на зачете для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на зачете.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### ***а) основная учебная литература:***

1. Н. Бахвалов, Н. Жидков, Г. Кобельков. Численные методы. М. С-Пб.: Физматлит, 2002. (В библиотеке ИАТЭ имеется 100 экз.)
2. У.Г. Пирумов. Численные методы. М.: Дрофа, 2003. (В библиотеке ИАТЭ имеется 100 экз.)
3. А.А. Шутов. Задачи и упражнения по курсу «Вычислительная математика» (учебное пособие). Обнинск: ИАТЭ, 2005г. (В библиотеке ИАТЭ имеется 100 экз.)
4. А.А. Шутов, В.А. Галкин. Интерполирование функций, численное дифференцирование, численное интегрирование (учебное пособие). Обнинск: ИАТЭ, 2006г. (В библиотеке ИАТЭ имеется 50 экз.)
5. А.А. Шутов, В.А. Галкин. Численное решение трансцендентных уравнений, задач линейной алгебры. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и краевых задач (учебное пособие). Обнинск: ИАТЭ, 2006г. (В библиотеке ИАТЭ имеется 50 экз.)

### ***б) дополнительная учебная литература:***

6. И.С. Березин, Н.П. Жидков. Методы вычислений. Т.1, М.: Наука, 1968.
7. Н.Н. Калиткин. Численные методы. М.: Наука, 1978.
8. Н.С. Бахвалов. Численные методы. М.: Наука, 1975.
9. Е.А. Волков. Численные методы. М.: Наука, 1987.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины**

On-line ресурсы свободного доступа к программному обеспечению по алгоритмическим языкам C(C++), Pascal, Fortran:

1. [www.onlinecompiler.net](http://www.onlinecompiler.net)
2. [pascalabc.net](http://pascalabc.net)

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Вид учебного занятия	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.

Практикум / лабораторная работа	Использовать методические указания по выполнению лабораторных работ представляемых преподавателем к каждой работе.
Подготовка к экзамену (зачету)	При подготовке к экзамену (зачету) необходимо ориентироваться на конспекты лекций и рекомендуемую литературу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

### ***Перечень программного обеспечения:***

Установленные на ПК пакеты алгоритмических языков C(C++), Pascal, Fortran.

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Компьютерный класс с доступом к Интернету, либо установленные на ПК пакеты алгоритмических языков C(C++), Pascal, Fortran.

## **12. Иные сведения и (или) материалы**

### ***12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине***

### ***12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)***

### ***12.3. Краткий терминологический словарь***

Не требуется