

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Саровский физико-технический институт -**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра «Прикладной математики»**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Декан ФТФ, член корр. РАН, д.ф-м.н.**

\_\_\_\_\_ **А.К. Чернышев**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2022 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Численные методы**

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	<u>01.03.02 Прикладная математика и информатика</u>
Наименование образовательной программы	<u>Высокопроизводительные вычисления и технологии параллельного программирования</u>
Квалификация (степень) выпускника	<u>бакалавр</u>
Форма обучения	<u>очная</u>

Программа одобрена на заседании кафедры

Зав. кафедрой ПМ, д.ф-м.н.

\_\_\_\_\_ **Р.М. Шагалиев**

протокол № от

20 г.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2022 г.**

г. Саров, 2022 г.

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ПМ, д.ф.-м.н.

Р.М. Шагалиев

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ПМ, д.ф.-м.н.

Р.М. Шагалиев

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ПМ, д.ф.-м.н.

Р.М. Шагалиев

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ПМ, д.ф.-м.н.

Р.М. Шагалиев

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КР/ КП	Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗсО/	Интерактивные часы
<b>5</b>	32	6	216	64	32	-	84	-	Э 36	16
<b>6</b>	32	5	180	64	32	-	57	КР	Э 27	16
<b>ИТОГО</b>	<b>64</b>	<b>11</b>	<b>396</b>	<b>128</b>	<b>64</b>	<b>-</b>	<b>141</b>	<b>КР</b>	<b>63</b>	<b>32</b>

## **АННОТАЦИЯ**

Численные методы – самостоятельное направление современной математики. Она изучает методы приближенного решения математических задач, сводящихся к выполнению конечного числа элементарных операций над числами.

Численные методы - раздел математики, изучающий приближенные способы решения типовых математических задач, которые либо не решаются, либо трудно решаются точными аналитическими методами (вычислительная математика в узком смысле).

Примерами типовых задач являются численное решение уравнений, численные дифференцирование и интегрирование и др.

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

Целью дисциплины «Численные методы» является подготовка студентов в области численного решения задач анализа и вычислительной математики.

В нем изложены основные сведения по методам решения широкого круга классических задач численного анализа, а также даны основные принципы построения и исследования разностных схем для решения уравнений в частных производных и методы решения разностных уравнений.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Дисциплина «Численные методы» является дисциплиной профиля «Высокопроизводительные вычисления и технологии параллельного программирования» ОС НИЯУ МИФИ по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика».

Дисциплина «Численные методы» относится к базовой части (Б1.О.21) профессионального цикла ООП.

Её изучение является ключевым для будущих специалистов широкого профиля в области прикладной математики. Для её успешного освоения необходимо свободное владение материалами ряда предшествующих дисциплин: математического анализа, линейной алгебры, обыкновенных дифференциальных уравнений, ряда разделов уравнений математической физики.

Изучение дисциплины необходимо, как предшествующее для таких более специализированных курсов, как «Численные методы газовой динамики», «Численные методы теории переноса», «Численные методы в механике сплошной среды» и др.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Ожидается, что в результате освоения дисциплины студент приобретет следующие компетенции:

#### Общепрофессиональные компетенции (ОПК)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
<b>ОПК-1</b> Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	З-ОПК-1 знать естественнонаучные методы познания окружающего мира, знать фундаментальный математический аппарат; У-ОПК-1 уметь применять естественнонаучные и математические методы исследования различных явлений, процессов и задач В-ОПК-1 владеть навыками исследования различных явлений и процессов с использованием естественнонаучного и математического подхода

#### Профессиональные компетенции (ПК)

в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задачи профессиональной деятельности: <b>научно-исследовательский</b>			
разработка и использование математических, информационных и имитационных моделей по тематике выполняемых научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ	математическое моделирование и высокопроизводительные вычисления в задачах механики сплошной среды и физики высоких плотностей энергии; разработка прикладных программных комплексов; разработка высокопроизводительных ЭВМ и программного обеспечения для них; компьютерное сопровождение и обработка результатов физических экспериментов	<b>ПК-2</b> Способен понимать, применять и совершенствовать современный математический аппарат  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»	З-ПК-2 знать современный математический аппарат, используемый при описании, решении и анализе различных прикладных задач У-ПК-2 использовать современный математический аппарат для построения математических моделей и алгоритмов решения различных прикладных задач В-ПК-2 владеть навыками применения современного математического аппарата для построения математических моделей различных

			процессов, для обработки экспериментальных, статистических и теоретических данных, для разработки новых алгоритмов и методов исследования задач различных типов
--	--	--	---

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ\*

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					Текущий контроль (форма)*	Максимальный балл (см. п. 5.3)
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС			
			128	64	-	141			
<b>Семестр 5</b>									
<b>Раздел 1. Общие правила вычислительной работы. Приближение функций</b>									
1.1.	Тема 1. Источники и классификация погрешностей	1	2				УО		
1.2	Тема 2. Общие правила	1	2			4	УО		
1.3	Тема 3. Метод наименьших квадратов	2	2	2		5	УО	5	
<b>Раздел 2. Численное дифференцирование и интегрирование. Вычисления корней уравнений</b>									
2.1	Тема 1. Получение формул на основе многочлена Ньютона	3	4	2		5	УО		
2.2	Тема 2. Квадратурные формулы Гаусса	4	4	2		5	УО		
2.3	Тема 3. Кратные интегралы	5-6	4	2		5	УО		
2.4	Тема 4. Решение уравнений с одним неизвестным. Вычисление корней многочленов	7-8	4	2		5	УО	5	
<b>Рубежный контроль</b>		<b>8</b>					<b>УО</b>	<b>10</b>	
<b>Раздел 3. Решение задач линейной алгебры. Алгебраическая проблема собственных значений</b>									
3.1	Тема 1. Матрицы специального вида	9	4	2		5	УО		
3.2	Тема 2. Обусловленность линейных систем	9	4	2		5	УО		
3.3	Тема 3. Метод прогонки	10	4	2		5	УО		
3.4	Тема 4. Прямые методы решения этой проблемы	10	4	2		5	УО	5	
3.5	Тема 5. Частная проблема собственных значений	11	4	2		5	УО	5	
<b>Раздел 4. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Типичные уравнения математической физики</b>									
4.1	Тема 1. Метод Пикара	12	2	2		5	УО		
4.2	Тема 2. Сходимость, аппроксимация, устойчивость	13	4	2		5	УО		
4.3	Тема 3. Количественная характеристика устойчивости	14	4	2		5	УО		

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					Максимальный балл (см. п. 5.3)	
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*		
			128	64	-	141			
4.4	Тема 4. Методы решения жестких систем обыкновенных дифференциальных уравнений	15	4	2		5	УО		
4.5	Тема 5. Численное решение краевых задач	15	4	2		5	УО	5	
4.6	Тема 6. Типичные уравнения математической физики	16	4	2		5	УО	5	
<b>Рубежный контроль</b>		<b>16</b>						<b>УО</b>	<b>10</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>							<b>Экзамен</b>	<b>36</b>	<b>45</b>
<b>Посещаемость</b>									<b>5</b>
<b>Итого:</b>			<b>64</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>84</b>	<b>36</b>	<b>100</b>	
<b>Семестр 6</b>									
<b>Раздел 5. Основные понятия теории разностных схем</b>									
5.1.	Тема 1. Аппроксимация	1	4	2		5	УО		
5.2	Тема 2. Метод неопределенных коэффициентов, использование пересчет	1	4	2		5	УО		
5.3	Тема 3. Устойчивость	2	4	2		2	УО		
5.4	Тема 4. Метод операторных неравенств	2	4	2			УО		
5.5	Тема 5. Теорема об асимптотической погрешности	3	4	2			УО	5	
<b>Раздел 6. Уравнение переноса</b>									
6.1	Тема 1. Постановка задач	4	4				УО		
6.2	Тема 2. Геометрическая интерпретация устойчивости	5	4	2		5	УО		
6.3	Тема 3. Схема для случая знакопеременной скорости	6	4	2		5	УО		
6.4	Тема 4. Монотонность схем	7-8	4	2		5	УО	5	
<b>Рубежный контроль</b>		<b>8</b>							<b>10</b>
<b>Раздел 7. Параболические уравнения. Схемы для многомерных уравнений</b>									



№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					Максимальный балл (см. п. 5.3)
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	
			128	64	-	141		
7.1	Тема 1. Постановка задач	9	2				УО	
7.2	Тема 2. Монотонность схем	10	4	4		5	УО	
7.3	Тема 3. Постановка задач	11	2				УО	
7.4	Тема 4. Неявная схема	12	4	4		5	УО	5
<b>Раздел 8. Эллиптические уравнения. Вариационные и вариационно-разностные методы</b>								
8.1	Тема 1. Принцип максимума для исследования устойчивости.	13	4	2		5	УО	
8.2	Тема 2. Продольно-поперечная схема	14	4	2		5	УО	
8.3	Тема 3. Метод Рунге.	15	4	2		5	УО	
8.4	Тема 4. Итерационные методы решения разностных уравнений.	16	4	2		5	УО	5
<b>Рубежный контроль</b>		<b>16</b>					<b>УО</b>	<b>10</b>
<b>Курсовая работа</b>							<b>ЗсО</b>	<b>10</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>						<b>Экзамен</b>	<b>27</b>	<b>45</b>
<b>Посещаемость</b>								<b>5</b>
<b>Итого:</b>			<b>64</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>57</b>	<b>27</b>	<b>100</b>

\*Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:

УО – устный опрос

ЗсО – зачет с оценкой

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

### Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
<b>5 семестр</b>		
<b>Раздел 1. Общие правила вычислительной работы. Приближение функций</b>		
1.1	Тема 1. Источники и классификация погрешностей	Источники и классификация погрешностей. Основная формула погрешности
1.2	Тема 2. Общие правила	Общие правила. Интерполяция многочленами (методы Лагранжа, Ньютона). Погрешность многочленной интерполяции
1.3	Тема 3. Метод наименьших квадратов	Метод наименьших квадратов. Ортогональные многочлены и их свойства
<b>Раздел 2. Численное дифференцирование и интегрирование. Вычисления корней уравнений</b>		
2.1	Тема 1. Получение формул на основе многочлена Ньютона	Получение формул на основе многочлена Ньютона. Метод Рунге повышения точности. Численное интегрирование при фиксированных узлах.
2.2	Тема 2. Квадратурные формулы Гаусса	Квадратурные формулы Гаусса. Оценка остаточного члена. Повышение точности квадратурной формулы. Нестандартные формулы.
2.3	Тема 3. Кратные интегралы	Кратные интегралы. Основные принципы построения квадратурных программ.
2.4	Тема 4. Решение уравнений с одним неизвестным. Вычисление корней многочленов	Решение уравнений с одним неизвестным (методы дихотомии, хорд, простой итерации, Ньютона, секущих). Вычисление корней многочленов. Решение систем нелинейных уравнений (простой итерации, метод Ньютона).
<b>Раздел 3. Решение задач линейной алгебры. Алгебраическая проблема собственных значений</b>		
3.1	Тема 1. Матрицы специального вида	Матрицы специального вида (треугольные, унитарные). LU-теорема. Нормы векторов и матриц.
3.2	Тема 2. Обусловленность линейных систем	Обусловленность линейных систем. Метод исключения Гаусса. Метод отражений. Метод квадратного корня.
3.3	Тема 3. Метод прогонки	Метод прогонки. Итерационные методы
3.4	Тема 4. Прямые методы решения этой проблемы	Прямые методы решения этой проблемы (интерполяционный метод, метод А.Н. Крылова). Итерационные методы (обратные итерации, метод вращения Якоби).
3.5	Тема 5. Частная проблема собственных значений	Частная проблема собственных значений (линеаризация, обратные итерации со сдвигом, степенной метод).
<b>Раздел 4. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Типичные уравнения математической физики</b>		
4.1	Тема 1. Метод Пикара	Метод Пикара. Понятие о точности разностных схем.
4.2	Тема 2. Сходимость, аппроксимация, устойчивость	Сходимость, аппроксимация, устойчивость. Основная теорема. Приемы исследования

		устойчивости. Спектральный признак устойчивости.
4.3	Тема 3. Количественная характеристика устойчивости	Количественная характеристика устойчивости. Одношаговые методы Рунге-Кутты. Устойчивость методов Рунге-Кутты. Недостатки явных методов Рунге-Кутты. Многошаговые методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Получение формул для многошаговых методов.. Устойчивость многошаговых методов. Методы Адамса, Нистрема, Милна.
4.4	Тема 4. Методы решения жестких систем обыкновенных дифференциальных уравнений	Методы решения жестких систем обыкновенных дифференциальных уравнений (принципы построения, реализация).
4.5	Тема 5. Численное решение краевых задач	Численное решение краевых задач (метод стрельбы, разностный метод).
4.6	Тема 6. Типичные уравнения математической физики	Типичные уравнения математической физики
<b>6 семестр</b>		
<b>Раздел 5. Основные понятия теории разностных схем</b>		
5.1	Тема 1. Аппроксимация	Аппроксимация. Приемы построения аппроксимирующих схем (замена производных разностными отношениями).
5.2	Тема 2. Метод неопределенных коэффициентов, использование пересчет	Метод неопределенных коэффициентов, использование пересчета. Интегро-интерполяционный метод. Аппроксимация начальных краевых условий.
5.3	Тема 3. Устойчивость	Устойчивость. Приемы исследования устойчивости разностных схем. Принцип максимума. Метод разделения переменных.
5.4	Тема 4. Метод операторных неравенств	Метод операторных неравенств. Сходимость. Основная теорема.
5.5	Тема 5. Теорема об асимптотической погрешности	Теорема об асимптотической погрешности.
<b>Раздел 6. Уравнение переноса</b>		
6.1	Тема 1. Постановка задач	Постановка задач. Схема бегущего счета.
6.2	Тема 2. Геометрическая интерпретация устойчивости	Геометрическая интерпретация устойчивости.
6.3	Тема 3. Схема для случая знакопеременной скорости	Схема для случая знакопеременной скорости.
6.4	Тема 4. Монотонность схем	Монотонность схем. Квазилинейное уравнение переноса.
<b>Раздел 7. Параболические уравнения. Схемы для многомерных уравнений</b>		
7.1	Тема 1. Постановка задач	Постановка задач. Семейство неявных схем. Асимптотическая устойчивость неявных схем.
7.2	Тема 2. Монотонность схем	Монотонность схем. Схемы с переменными коэффициентами. Квазилинейные уравнения. Гиперболические уравнения.
7.3	Тема 3. Постановка задач	Постановка задач. Схема "Крест".
7.4	Тема 4. Неявная схема	Неявная схема. Двухслойная акустическая схема.

		Экономичные факторизованные схемы; приложения к гиперболическим уравнениям. Метод суммарной аппроксимации; приложения к параболическим уравнениям. Схема переменных направлений.
<b>Раздел 8. Эллиптические уравнения. Вариационные и вариационно-разностные методы</b>		
8.1	Тема 1. Принцип максимума для исследования устойчивости.	Принцип максимума для исследования устойчивости. Счет на установление.
8.2	Тема 2. Продольно-поперечная схема	Продольно-поперечная схема. Локально-одномерная схема. Определение границ спектра положительной матрицы. Чебышевский набор шагов.
8.3	Тема 3. Метод Рунге.	Метод Рунге. Применение вариационного метода к построению разностных схем.
8.4	Тема 4. Итерационные методы решения разностных уравнений.	Итерационные методы решения разностных уравнений. Метод Зейделя. Метод верхней релаксации.

### Практические/семинарские занятия

№	Примерные темы практических/семинарских занятий
1.	Интерполирование и приближение функций. Интерполяционные формулы Лагранжа и Ньютона
2.	Среднеквадратическое приближение с помощью тригонометрических полиномов
3.	Среднеквадратическое приближение функций. Случай дискретных точек, полиномы Лежандра и Чебышева.
4.	Численное дифференцирование. Интерполяционные многочлены Лагранжа, Ньютона, формулы Стирлинга.
5.	Численное дифференцирование. Метод неопределенных коэффициентов. Уточнение по методу Рунге-Ромберга.
6.	Численное интегрирование. Формулы трапеции, Симпсона, Ньютона-Котеса
7.	Численное интегрирование. Квадратурные формулы типа Гаусса
8.	Численное интегрирование. Приближенное вычисление несобственных интегралов
9.	Решение алгебраических уравнений. Метод Греффе-Лобачевского
10.	Решение алгебраических нелинейных уравнений методами итераций и Бернулли.
11.	Алгебра матриц. Вычисление определителей, обратных матриц, норм матриц
12.	Решение систем линейных уравнений
13.	Проблема вычисления собственных значений и векторов
14.	Интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений с помощью степенных рядов и методом Пикара
15.	Интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений с помощью интерполяционной формулы Милна

16.	Многошаговые методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений $\frac{\partial y}{\partial x} = f(x, y)$
17.	Исследование аппроксимации и устойчивости разностной схемы системы обыкновенных дифференциальных уравнений
18.	Интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений методом прогонки
19.	Интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений
20.	Разностная схема 4 порядка
21.	Неявная разностная схема
22.	Разностная схема повышенной точности
23.	Разностная схема “крест”
24.	Продольно-поперечная разностная схема

#### 4.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов

1. Голубев А.И. Численные методы. Части I, II. Саров, 2000
2. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. М.: Наука, 1966
3. Арушанян О.Б., Залеткин С.Ф. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений на ФОРТРАНЕ. М.: Из-во МГУ, 1990
4. Хемминг Р.В. Численные методы. М.; Наука, 1972
5. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.; Наука, 1972
6. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. М.; Наука, 1989

### 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

#### 5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Раздел	Темы занятий	Компетенция	Индикаторы освоения	Текущий контроль, неделя
<b>Семестр 5</b>				
Раздел 1	Тема 1. Источники и классификация погрешностей	ОПК-1 ПК-2	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 1
	Тема 2. Общие правила		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 1
	Тема 3. Метод наименьших квадратов		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 2
Раздел 2	Тема 1. Получение формул на основе многочлена Ньютона	ОПК-1 ПК-2	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 3
	Тема 2. Квадратурные формулы Гаусса		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 4
	Тема 3. Кратные интегралы		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 5-6
	Тема 4. Решение уравнений с одним неизвестным. Вычисление корней многочленов		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 7-8
<b>Рубежный контроль</b>		ОПК-1 ПК-2	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 8
Раздел 3	Тема 1. Матрицы специального вида	ОПК-1 ПК-2	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 9
	Тема 2. Обусловленность линейных систем		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 9
	Тема 3. Метод прогонки		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 10
	Тема 4. Прямые методы решения этой проблемы		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 10
	Тема 5. Частная проблема собственных значений		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 11
Раздел 4	Тема 1. Метод Пикара	ОПК-1 ПК-2	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 12
	Тема 2. Сходимость, аппроксимация, устойчивость		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 13
	Тема 3. Количественная характеристика устойчивости		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 14
	Тема 4. Методы решения жестких систем обыкновенных дифференциальных уравнений		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 15
	Тема 5. Численное решение краевых задач		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 15
	Тема 6. Типичные уравнения математической физики		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 16
<b>Рубежный контроль</b>		ОПК-1 ПК-2	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 16
<b>Промежуточная аттестация</b>		ОПК-1 ПК-2	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	<b>Экзамен</b>
<b>Семестр 6</b>				
Раздел 5	Тема 1. Аппроксимация	ОПК-1 ПК-2	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 1
	Тема 2. Метод неопределенных коэффициентов, использование пересчет		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 1
	Тема 3. Устойчивость		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 2

	Тема 4. Метод операторных неравенств		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 2
	Тема 5. Теорема об асимптотической погрешности		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 3
Раздел 6	Тема 1. Постановка задач	ОПК-1 ПК-2	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 4
	Тема 2. Геометрическая интерпретация устойчивости		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 5
	Тема 3. Схема для случая знакопеременной скорости		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 6
	Тема 4. Монотонность схем		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 7-8
<b>Рубежный контроль</b>		ОПК-1 ПК-2	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 8
Раздел 7	Тема 1. Постановка задач	ОПК-1 ПК-2	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 9
	Тема 2. Монотонность схем		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 10
	Тема 3. Постановка задач		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 11
	Тема 4. Неявная схема		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 12
Раздел 8	Тема 1. Принцип максимума для исследования устойчивости.	ОПК-1 ПК-2	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 13
	Тема 2. Продольно-поперечная схема		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 14
	Тема 3. Метод Рунге.		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 15
	Тема 4. Итерационные методы решения разностных уравнений.		3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 16
<b>Рубежный контроль</b>		ОПК-1 ПК-2	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО 16
<b>Курсовая работа</b>		ОПК-1 ПК-2	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	<b>ЗсО</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>		ОПК-1 ПК-2	3-ОПК-1; У-ОПК-1; В-ОПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	<b>Экзамен</b>

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

### **5.2.1. Оценочные средства для текущего контроля**

#### **5.2.1.1. Примерные вопросы для устного опроса**

1. Основные понятия теории разностных схем: аппроксимация, устойчивость, сходимость. Шаблоны схем
2. Метод неопределенных коэффициентов.
3. Интегро-интерполяционный метод.
4. Аппроксимация начальных и граничных условий. Повышение порядка аппроксимации с помощью дифференциального уравнения.

5. Приемы исследования устойчивости разностных схем. Устойчивость по начальным данным и по правой части. Принцип максимума. Метод разделения переменных. Метод операторных неравенств.
6. Уравнение переноса. Схемы бегущего счета. Условие Куранта-Фридрихса-Леви геометрической интерпретации устойчивости. Схемы для знакопостоянной и знакопеременной скорости. Учет поглощения.
7. Монотонность разностных схем. Признак монотонности.
8. Квазилинейные уравнения. Сильные и слабые разрывы.
9. Консервативная разностная схема для уравнения переноса.
10. Параболические уравнения. Монотонность схем для параболического уравнения. Схемы с переменными коэффициентами; квазилинейное уравнение.
11. Гиперболические уравнения. Схема “крест” (явная и неявная). Двухслойная акустическая схема
12. Схемы для многомерных уравнений. Экономичные факторизованные схемы. Многомерные гиперболические и параболические уравнения.
13. Эллиптические уравнения. Счет на установление. Продольно-поперечная схема.
14. Вариационные методы. Метод Рунге. Применение вариационного метода к построению разностных схем.

## **5.2.2 Оценочные средства для рубежного контроля**

### **5.2.2.1 Примерные вопросы для устного опроса**

1. Основные понятия теории разностных схем: аппроксимация, устойчивость, сходимость.  
Шаблоны схем
2. Метод неопределенных коэффициентов.
3. Интегро-интерполяционный метод.
4. Аппроксимация начальных и граничных условий. Повышение порядка аппроксимации с помощью дифференциального уравнения.
5. Приемы исследования устойчивости разностных схем. Устойчивость по начальным данным и по правой части. Принцип максимума. Метод разделения переменных. Метод операторных неравенств.
6. Уравнение переноса. Схемы бегущего счета. Условие Куранта-Фридрихса-Леви геометрической интерпретации устойчивости. Схемы для знакопостоянной и знакопеременной скорости. Учет поглощения.
7. Монотонность разностных схем. Признак монотонности.
8. Квазилинейные уравнения. Сильные и слабые разрывы.



9. Консервативная разностная схема для уравнения переноса.
10. Параболические уравнения. Монотонность схем для параболического уравнения. Схемы с переменными коэффициентами; квазилинейное уравнение.
11. Гиперболические уравнения. Схема “крест” (явная и неявная). Двухслойная акустическая схема
12. Схемы для многомерных уравнений. Экономичные факторизованные схемы. Многомерные гиперболические и параболические уравнения.
13. Эллиптические уравнения. Счет на установление. Продольно-поперечная схема.
14. Вариационные методы. Метод Ритца. Применение вариационного метода к построению разностных схем.

### 5.2.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### 5.2.3.1 Примерные вопросы к экзамену

- 1 Основные понятия теории разностных схем: аппроксимация, устойчивость, сходимость.  
Шаблоны схем
- 2 Метод неопределенных коэффициентов.
- 3 Интегро-интерполяционный метод.
- 4 Аппроксимация начальных и граничных условий. Повышение порядка аппроксимации с помощью дифференциального уравнения.
- 5 Приемы исследования устойчивости разностных схем. Устойчивость по начальным данным и по правой части. Принцип максимума. Метод разделения переменных. Метод операторных неравенств.
- 6 Уравнение переноса. Схемы бегущего счета. Условие Куранта-Фридрихса-Леви геометрической интерпретации устойчивости. Схемы для знакопостоянной и знакопеременной скорости. Учет поглощения.
- 7 Монотонность разностных схем. Признак монотонности.
- 8 Квазилинейные уравнения. Сильные и слабые разрывы.
- 9 Консервативная разностная схема для уравнения переноса.
- 10 Параболические уравнения. Монотонность схем для параболического уравнения. Схемы с переменными коэффициентами; квазилинейное уравнение.
- 11 Гиперболические уравнения. Схема “крест” (явная и неявная). Двухслойная акустическая схема
- 12 Схемы для многомерных уравнений. Экономичные факторизованные схемы. Многомерные гиперболические и параболические уравнения.
- 13 Эллиптические уравнения. Счет на установление. Продольно-поперечная схема.

14 Вариационные методы. Метод Ритца. Применение вариационного метода к построению разностных схем.

#### 5.2.4. Примерные темы для курсовой работы

- 1 Итерационные методы решения алгебраических и трансцендентных уравнений. Применение численных методов
- 2 Действия с приближёнными величинами. Численное интегрирование. Применение численных методов
- 3 Численные методы решения инженерных задач
- 4 Полная и частичная проблема собственных значений
- 5 Формулы численного интегрирования Гаусса и Чебышева.
- 6 Применение метода наименьших квадратов к построению эмпирических функциональных зависимостей. Применение численных методов.
- 7 Формулы Ньютона-Котеса численного интегрирования.
- 8 Применение метода наименьших квадратов к построению эмпирических функциональных зависимостей. Применение численных методов.

#### 5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

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.

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

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в

			ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

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

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев А.И. Численные методы. Части I, II. Саров, 2000
2. Калиткин И.Н. Численные методы. М.: Наука, 1978
3. Годунов Г.К., Рябенский В.С. Разностные схемы. М.: Наука, 1973
4. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. М.: Наука, 1966
5. Арушанян О.Б., Залеткин С.Ф. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений на ФОРТРАНЕ. М.: Из-во МГУ, 1990

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Форсайт Д., Молер К. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. М.: Мир, 1969
2. Воеводин В.В. Численные методы алгебры. М.: Наука, 1966
3. Хемминг Р.В. Численные методы. М.: Наука, 1972

4. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.; Наука, 1972
5. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. М.; Наука, 1989
6. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.; Наука, 1983
7. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. М.; Наука, 1973.

#### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

1. Для выполнения практических работ необходим доступ студентов к компьютерам с компиляторами Фортрана.

#### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

1. Для выполнения практических работ необходим доступ студентов к компьютерам с компиляторами Фортрана.

### **7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аудитории СарФТИ НИЯУ МИФИ оснащенные персональными компьютерами с необходимым для изучения дисциплины программным обеспечением.

### **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

В рамках учебного курса студенты работают с лекциями, рекомендованной литературой, выполняют лабораторные работы, готовятся к экзамену. В процессе подготовки студенты используют программные продукты, инструментальные среды, информационно-справочные системы, информационные источники, размещенные в сети Интернет (официальные сайты, веб-порталы, тематические форумы и телекоммуникации), электронные учебники и учебно-методические пособия.

По дисциплине «Численные методы» в рабочем учебном плане предусмотрены интерактивные часы для проведения практических занятий. Для реализации интерактивных форм обучения используются учебно-методические материалы, разработанные сотрудниками кафедры «Прикладной математики».

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебным планом на изучение дисциплины отводится два семестра. В конце первого и второго семестра предусмотрен экзамен.

При преподавании дисциплины методически целесообразно в каждом разделе курса выделить наиболее важные моменты и акцентировать на них внимание обучаемых. Такие моменты отражены в изложенных выше пунктах, касающихся формируемых знаний студентов и их проверки.

В процессе освоения дисциплины по специальности 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» особенно необходимо выделить те численные методы, которые напрямую применяются при математическом моделировании физических процессов.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

**Программу составил:**

**Рецензент:**