

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

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Димитровградский инженерно-технологический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ДИТИ НИЯУ МИФИ)**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Заместитель руководителя

\_\_\_\_\_ Т.И. Романовская

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.В.04.ДВ.02.02 Численное моделирование технологических операций**

<b>Направление подготовки</b>	<i>15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств</i>
<b>Квалификация выпускника</b>	<i>бакалавр</i>
<b>Профиль</b>	<i>Технология машиностроения</i>
<b>Форма обучения</b>	<i>очная</i>
<b>Выпускающая кафедра</b>	<i>кафедра технологии машиностроения</i>
<b>Кафедра-разработчик рабочей программы</b>	<i>кафедра технологии машиностроения</i>

<b>Семестр</b>	<b>Трудоемкость час. (ЗЕТ)</b>	<b>Лекций, час.</b>	<b>Практич. занятий, час.</b>	<b>Лаборат. работ, час.</b>	<b>СРС, час.</b>	<b>Форма промежуточного контроля (экс., час./зачет)</b>
8	108 (3 ЗЕТ)	20	-	20	68	зачет
<b>Итого</b>	<b>108 (3 ЗЕТ)</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>20</b>	<b>68</b>	<b>зачет</b>

Димитровград 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО .....	3
3 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
4.1 Структура дисциплины .....	4
4.2 Содержание дисциплины.....	5
5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	10
6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ) .....	11
7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	11
7.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы.....	11
7.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».....	13
7.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	13
8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	13

## 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** освоения дисциплины является освоение основных идей методов моделирования технологических операций, особенностей областей применения и методики использования их как готового инструмента практической работы при проектировании и разработке систем, математической обработке данных, построении алгоритмов и организации вычислительных процессов на ПК.

**Задачами** изучения дисциплины

- приобретение знаний по теории численных методов;
- формирование навыков применения численных методов для решения практических задач с использованием ЭВМ.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине определяется требованиями к результатам освоения ОПОП.

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Численное моделирование технологических операций» относится к дисциплинам по выбору вариативной части дисциплин блока 1 профессионального модуля учебного плана.

Базой для изучения дисциплины «Численное моделирование технологических операций» являются следующие: физика; математика.

Результаты освоения дисциплины «Численное моделирование технологических операций» обеспечивают изучение таких дисциплин, как режущий инструмент; оборудование машиностроительных производств, технология машиностроения, физические и тепловые явления в процессах формообразования.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются следующие знания, владения и умения.

**Знать:** математические методы обработки экспериментальных данных в области физики; основные понятия, законы и модели механики, статистической физики и термодинамики; особенности физических эффектов и явлений; погрешности вычислений, интерполяции, сплайнах, численном интегрировании, прямых и итерационных методах решения систем линейных алгебраических уравнений, численных методах решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений, методах решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений, методе конечных элементов, численных методах решения гиперболических, параболических и эллиптических уравнений, численных методах решения интегральных уравнений.

**Уметь:** применять физико-математические методы для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении; решать типовые задачи по основным разделам курса, используя методы математического анализа; разрабатывать вычислительные алгоритмы решения задач, возникающих в процессе математического моделирования объектов и явлений.

**Владеть:** использованием методов корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента, выделением основных факторов, определяющих надежность элементов конструкций.

## 3 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов компетенций в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ОП ВО по данному направлению подготовки.

Таблица 3.1 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения ОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина		Перечень планируемых результатов обучения по дисциплин
ОПК-2	способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Знать: основные численные методы и алгоритмы решения типовых задач математического анализа, алгебры, обыкновенных дифференциальных уравнений, математической физики. Уметь: разрабатывать вычислительные алгоритмы решения задач, возникающих в процессе математического моделирования объектов и явлений Владеть: навыками использования информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности.
ОПК-3	способность использовать современные информационные технологии, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности	Знать: приемы вычислительных процедур, научиться выбирать оптимальный численный метод решения данной задачи, давать математические характеристики точности исходной информации и оценивать точность полученного численного решения. Уметь: разрабатывать вычислительные алгоритмы решения задач, возникающих в процессе математического моделирования объектов и явлений Владеть: навыками численного решения моделей прикладных задач.

## 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 зачетных единицы (ЗЕТ), 108 академических часов.

Таблица 4.1 - Объём дисциплины по видам учебных занятий

Вид учебной работы	Всего, акад. часов	Семестр		
		5		
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>108</b>	<b>108</b>		
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>		
занятия лекционного типа	17	17		
занятия семинарского типа	34	34		
в том числе: семинары				
практические занятия				
практикумы				
лабораторные работы	34	34		
другие виды контактной работы				
в том числе: курсовое проектирование				
групповые консультации				
индивидуальные консультации				
иные виды внеаудиторной контактной работы				
<b>Самостоятельная работа обучающихся**:</b>	<b>57</b>	<b>57</b>		
изучение теоретического курса	57	57		
расчетно-графические задания, задачи				
реферат, эссе				
курсовое проектирование				
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)</b>	зачет	-		

Таблица 4.2 - Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

№ модуля образовательной программы	№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, акад. часы					Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов	
Б1.В.ДВ.11.2	1	<b>Раздел 1. Вычислительные методы линейной алгебры</b>	4			12	16	ОПК-2 ОПК-3
	2	<b>Раздел 2. Интерполирование функций</b>	4		8	10	22	ОПК-2 ОПК-3
	3	<b>Раздел 3. Численное интегрирование и дифференцирование</b>	2		8	10	20	ОПК-2 ОПК-3
	4	<b>Раздел 4. Решение нелинейных уравнений и систем уравнений</b>	2		8	9	19	ОПК-2 ОПК-3
	5	<b>Раздел 5. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений</b>	4		10	8	22	ОПК-2 ОПК-3
	6	<b>Раздел 6. Компьютерное моделирование задач механики деформируемого твердого тела с использованием пакетов прикладных программ</b>	1			8	9	ОПК-2 ОПК-3
ИТОГО:			17		34	57	108	

#### 4.2 Содержание дисциплины

Удельный вес проводимых в активных и интерактивных формах проведения аудиторных занятий по дисциплине составляет 23,5 %.

Таблица 4.3 - Лекционный курс

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции	Трудоемкость, часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	1	Численные методы как раздел современной математики. Роль компьютерноориентированных численных методов в исследовании сложных математических моделей. Погрешность результата численного решения задачи. Требования к численным методам: корректность, сходимость, точность.	2	1
2	1	Нормы векторов и матриц, согласованные нормы. Основные задачи линейной алгебры. Точные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Крамера. Метод исключения Гаусса. Метод Гаусса с выбором главного элемента. Метод квадратного корня. Вычисление	2	1

		<p>определителя. Вычисление обратной матрицы.</p> <p>Методы решения систем линейных алгебраических уравнений с трехдиагональными и ленточными матрицами. Метод прогонки решения систем линейных алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей. Алгоритм и обоснование метода (корректность и устойчивость). Варианты метода прогонки: немонотонная прогонка, встречная прогонка, циклическая прогонка.</p> <p>Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод простой итерации. Теорема о достаточном условии сходимости. Необходимое и достаточное условие сходимости метода простой итерации. Метод простой итерации для систем с симметричными положительно определенными матрицами. Оптимизация итерационного параметра. Метод Зейделя. Итерационные методы вариационного типа. Метод наискорейшего градиентного спуска. Метод сопряженных градиентов.</p> <p>Погрешность приближенного решения системы линейных алгебраических уравнений. Обусловленность матриц и систем. Методы регуляризации решения плохо обусловленных систем уравнений. Вариационный подход к решению плохо обусловленных систем.</p>		
3	2	<p>Постановка задачи интерполирования. Интерполирование алгебраическими многочленами. Интерполяционный многочлен Лагранжа, его существование и единственность. Оценка погрешности интерполяционной формулы Лагранжа. Количество арифметических операций как один из критериев оценки качества алгоритма. Разделенные разности и их свойства. Интерполяционная формула Ньютона с разделенными разностями.</p>	2	1
4	2	<p>Многочлены Чебышева и их свойства. Минимизация остаточного члена погрешности интерполирования. Оптимальный выбор узлов интерполирования. Применение аппарата интерполирования. Обратная интерполяция. Сходимость интерполяционного процесса. Другие постановки задачи интерполирования: интерполирование с кратными узлами, рациональная интерполяция, двумерная интерполяция. Тригонометрическая интерполяция. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Общая постановка задачи интерполяции.</p>	2	1
5	3	<p>Простейшие квадратурные формулы: прямоугольников, трапеций, Симпсона. Оценка погрешности квадратурных формул. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Оценки погрешности этих формул.</p> <p>Квадратурные формулы Гаусса. Построение формул Гаусса. Положительность коэффициентов</p>	2	

		<p>формул Гаусса. Погрешность формул Гаусса. Квадратурные формулы Гаусса, отвечающие простейшим весовым функциям: постоянному весу, весу Якоби, весу Лагерра, весу Эрмита.</p> <p>Сходимость квадратурных формул. Составные квадратурные формулы. Оценка их погрешности. Составные формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона. Правило Рунге практической оценки погрешности. Автоматический выбор шага интегрирования.</p> <p>Вычисление интегралов от функций с особенностями: аддитивное и мультипликативное выделение особенностей, построение специальных формул.</p> <p>Численное дифференцирование. Построение формул численного дифференцирования: применение интерполирования, метод неопределенных коэффициентов. Вычислительная погрешность формул численного дифференцирования.</p>		
6	4	<p>Метод простой итерации для решения нелинейных уравнений. Сходимость метода.</p> <p>Метод Ньютона. Геометрическая интерпретация метода Ньютона в случае скалярного уравнения. Сходимость метода Ньютона.</p> <p>Другие методы решения одного уравнения: метод секущих, метод парабол, метод вилки..</p>	2	
7	5	<p>Постановка задачи Коши. Метод разложения в ряд Тейлора решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы Рунге-Кутты. Общая формулировка методов. Погрешность аппроксимации, точность. Сходимость методов. Семейства методов второго, третьего, четвертого порядков.</p> <p>Многошаговые разностные методы. Явные и неявные методы. Методы Адамса. Погрешность аппроксимации многошаговых методов. Устойчивость и сходимость методов. Примеры многошаговых разностных методов.</p>	2	
8	5	<p>Численное интегрирование жестких систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Условно и абсолютно устойчивые разностные методы. Область устойчивости. А-устойчивые разностные методы. <math>A(\alpha)</math>-устойчивость. Метод Гира. Чисто неявные разностные методы.</p> <p>Постановка краевых задач. Метод пристрелки. Метод параллельной пристрелки.</p>	2	
9	6	<p>Общая характеристика пакетов прикладных программ для моделирования задач механики. Устройство пакета программ. Правило проведения вычислений. Визуализация результатов расчетов.</p> <p>Основные понятия теории разностных схем. Сетки и сеточные функции. Нормы в пространстве</p>	1	

	<p>сеточных функций. Аппроксимация дифференциальных операторов разностными операторами. Порядок аппроксимации. Аппроксимация простейших дифференциальных операторов. Постановка разностной задачи. Явные и неявные разностные схемы. Аппроксимация дифференциальной задачи разностной задачей. Корректность разностной задачи. Абсолютная и условная устойчивость. Сходимость решения разностной задачи к решению дифференциальной задачи. Точность. Теорема сходимости.</p> <p>Методы построения разностных схем. Метод разностной аппроксимации. Метод неопределенных коэффициентов. Интегро-интерполяционный метод (метод баланса).</p> <p>Методы исследования устойчивости разностных схем. Необходимый спектральный признак Неймана. Принцип “замороженных” коэффициентов. Принцип максимума для разностных схем.</p> <p>Разностные схемы для одномерных параболических уравнений. Семейство разностных схем с весами для уравнения теплопроводности с постоянными коэффициентами. Порядок аппроксимации схемы при различных значениях веса и правой части. Применение принципа максимума для исследования устойчивости. Равномерная сходимость схемы. Монотонные разностные схемы.</p> <p>Разностные схемы для одномерных гиперболических уравнений. Разностные схемы для уравнения переноса. Семейство схем с весами для уравнения колебаний струны. Погрешность аппроксимации и устойчивость схемы при различных значениях веса и правой части. Условие устойчивости Куранта.</p> <p>Разностные схемы для эллиптических уравнений. Разностные аппроксимации для двумерного уравнения Пуассона. Схемы повышенного порядка аппроксимации. Разностная задача Дирихле в прямоугольнике. Исследование корректности с помощью принципа максимума. Сходимость и оценка порядка точности для различных схем.</p> <p>Экономичные разностные схемы для многомерных задач математической физики. Явная и неявная разностные схемы для двумерного уравнения теплопроводности. Неоднородные разностные схемы. Разностные схемы метода дробных шагов. Схема переменных направлений. Исследование аппроксимации и устойчивости. Аппроксимация граничных условий на дробном шаге. Метод приближенной факторизации. Экономичные факторизованные схемы для многомерных параболических и гиперболических уравнений.</p> <p>Методы решения сеточных уравнений. Прямые методы решения сеточных краевых задач. Метод</p>		
--	--	--	--



		Гаусса. Метод матричной прогонки. Быстрое дискретное преобразование Фурье и его применение к решению разностного уравнения Пуассона. Метод простой итерации решения разностной задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Метод установления. Итерационные схемы дробных шагов и приближенной факторизации. Другие методы решения уравнений в частных производных. Метод характеристик для гиперболических уравнений. Метод прямых. Вариационные и проекционные методы: Рунге, Галеркина, наименьших квадратов, коллокации. Вариационно-разностные и проекционно-разностные методы (методы конечных элементов).		
<b>ИТОГО:</b>			<b>17</b>	<b>4</b>

Таблица 4.4 – Лабораторные работы

№ занятия	Номер раздела	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1, 2	2	Лабораторная работа № 1. Метод наименьших квадратов в случае аппроксимации полиномами	4	2
3, 4	2	Лабораторная работа № 2. Построение кривой по точкам. Метод линеаризации данных.	4	2
5, 6	3	Лабораторная работа № 3. Приближенное вычисление определенных интегралов. Методы прямоугольников и метод Симпсона	4	2
7, 8	3	Лабораторная работа № 4. Приближенное вычисление интегралов. Формула Чебышева и формула гаусса	4	2
9, 10	4	Лабораторная работа № 5. Приближенное вычисление интегральных уравнений Фредгольма и Вольтера	4	
11, 12	4	Лабораторная работа № 6. Численные одношаговые методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	4	
13, 14	5	Лабораторная работа № 7. Численные многошаговые методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	4	
15, 16	5	Лабораторная работа № 8. Приближенное решение систем дифференциальных уравнений	4	
17	5	Лабораторная работа № 9. Решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений методом прогонки	2	

<b>ИТОГО:</b>	<b>34</b>	<b>8</b>
---------------	-----------	----------

Таблица 4.6 - Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
1	1.1	Подготовка к лекционным занятиям, проработка теоретических материалов по теме лекционного занятия	4
	1.2	Выполнение домашнего задания о современном состоянии вопроса резания металлов	4
	1.3	Подготовка к лабораторной работе и оформление отчетов	4
2	2.1	Подготовка к лекционным занятиям, проработка теоретических материалов по теме лекционного занятия	6
	2.2	Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета	4
3	3.1	Подготовка к лекционным занятиям, проработка теоретических материалов по теме лекционного занятия	6
	3.2	Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета	4
4	4.1	Подготовка к лекционным занятиям, проработка теоретических материалов по теме лекционного занятия	4
	4.2	Выполнение домашнего задания о современном состоянии вопроса теплофизики резания	5
5	5.1	Подготовка к лекционным занятиям, проработка теоретических материалов по теме лекционного занятия	4
	5.2	Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета	4
6	6.1	Подготовка к лекционным занятиям, проработка теоретических материалов по теме лекционного занятия	4
	6.2	Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета	4
<b>ИТОГО:</b>			<b>57</b>

Самостоятельная работа студентов регламентируется кроме приведенной таблицы методическими указаниями «Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы. Для студентов направлений 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование» и 15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» дневной и заочной форм обучения / сост. С.Н. Власов, Саган И.А. – Дмитровград: ДИТИ НИЯУ МИФИ, 2015. – 23 с.»

## 5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Общие образовательные технологии, применяемые в процессе изучения дисциплины «Численное моделирование технологических операций» подробно изложены в методических указаниях «Методические рекомендации для преподавателей по организации аудиторной работы студентов / сост. С.Н. Власов. – Дмитровград: ДИТИ НИЯУ МИФИ, 2015. – 34 с.». Кроме того, дополняющие образовательные технологии, применяемые в процессе изучения дисциплины следующие

- развивающее обучение;

- проблемное обучение;
- коммуникативное обучение;
- проектная технология;
- информационно-коммуникативные технологии;
- групповые технологии;
- компетентностный подход;
- деятельностный подход.

Организационные формы преподавания следующие:

- учебно-исследовательская деятельность;
- создание продуктов и макетов;
- работа в системе погружения.

Содержание образовательных технологий следующее:

- Информационно-развивающие технологии, направленные на формирование системы знаний, запоминание и свободное оперирование ими.
- Используется лекционно-семинарский метод, самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.
- Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения.
- Личностно ориентированные технологии обучения, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе.

## **6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)**

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.

**Текущий контроль** студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем (ями), ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- выполнение лабораторных работ;
- защита лабораторных работ;
- устные опросы;
- расчетно-графические работы
- отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача тестов, отчетов к лабораторным работам и домашних заданий.

**Промежуточный контроль** студентов производится в следующих формах:

- тестирование;
- защита лабораторных работ (по совокупности);

**Итоговый контроль** по дисциплине проходит в форме зачета (включает в себя ответ на теоретические вопросы и/или решения задач).

Фонды оценочных средств, включающие типовые вопросы к лабораторным работам, тесты и методы контроля, экзаменационные билеты, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, приведены в Приложении 3.

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

### **7.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

Таблица 7.1 - Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине

№ п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Количество экземпляров
<b>Основная литература</b>						
1	Голубева Н. В.	Математическое моделирование систем и процессов [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие	Москва	Лань	2013	
<b>Дополнительная литература</b>						
1	Козин, Р.Г.	Математическое моделирование: примеры решения задач [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие	Москва	НИЯУ МИФИ	2010	
2	Власов С.Н.	Численное моделирование технологических операций [Текст]: Методические указания к лабораторным работам для студентов направления 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование» дневной и заочной форм обучения	Дмитров-град	ДИТИ НИЯУ МИФИ	2015	60
3	Власов С.Н., Саган И.А.	Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы [Текст]: Для студентов направлений 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование» и 15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» дневной и заочной форм обучения	Дмитров-град	ДИТИ НИЯУ МИФИ	2015	150
4	Власов С.Н.	Методические указания для преподавателей по разработке и использованию тестовых заданий [Текст]	Дмитров-град	ДИТИ НИЯУ МИФИ	2015	150
5	Власов С.Н.	Методические рекомендации для преподавателей по организации аудиторной работы студентов [Текст]	Дмитров-град	ДИТИ НИЯУ МИФИ	2015	150

## **7.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Каталог образовательных ресурсов. <http://www.edu.ru>

## **7.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наибольший эффект от использования новых информационных технологий в образовательном процессе достигается при использовании:

- информационных и демонстрационных программ;
- моделирующих программ, обеспечивающих интерактивный режим работы обучаемого с компьютером;
- тестовых систем для диагностики уровня знаний;
- доступа к информационным ресурсам сети Интернет.

Информационные технологии используются на различных этапах учебного процесса.

1) На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций, применяется иллюстративный материал. Одновременное воздействие на два важнейших органа (слух и зрение) облегчает процесс восприятия и запоминания информации, придает наглядность теоретическому материалу.

2) На лабораторно-практических занятиях для закрепления материала используется моделирование технологических процессов с помощью компьютера.

3) Для контроля и коррекции знаний используется компьютерное тестирование.

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используются следующее программное обеспечение: САД-система КОМПАС, Microsoft Office (Access, Excel, PowerPoint, Word), Skype, собственное зарегистрированное программное обеспечение.

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используются следующие информационно справочные системы: справочные службы сети Интернет, Единое окно доступа к образовательным ресурсам, Профессиональная поисковая система Science Direct, Профессиональная поисковая система JSTOR, Профессиональная поисковая система ProQuest, Профессиональная поисковая система НЭБ, Профессиональная поисковая система EconLit.

Применяются такие информационные технологии, как использование на занятиях электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного курса лекций, графических объектов, видео- аудио- материалов (через Интернет), виртуальных лабораторий, практикумов), специализированных и офисных программ, информационных (справочных) систем, баз данных, организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты, форумов, Интернет-групп, скайп, чаты, видеоконференцсвязь, компьютерное тестирование, дистанционные занятия (олимпиады, конференции), вебинар (семинар, организованный через Интернет), подготовка проектов с использованием электронного офиса.

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

1. Лекционные занятия:

- комплект электронных презентаций/слайдов,
- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер),
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

2. Лабораторные работы:

- презентационная техника (проектор, экран, компьютер)
- пакеты ПО (общего назначения, а также графический редактор КОМПАС),
- открытые пакеты прикладных программ и ПО с ознакомительным периодом (T-Flex CAD и пр)

*Компьютерный класс, оснащённый компьютерами с выходом в Интернет, а также принтером, сканером, мультимедийным проектором:*

- Celeron 1100 МГц (2001 г.) - 14 шт.
- Принтер Laser SHOT LBP-1210 (2005 г.) - 1 шт.
- Проектор NEC VT47 (2005) – 1 шт.

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Зав.кафедрой  
Технологии машиностроения  
\_\_\_\_\_С.Н.Власов

15 января 2015

## **Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине «ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ»**

**Направление подготовки.** 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

**Профиль подготовки** Технология машиностроения

**Максимальное количество баллов за работу в течение семестра: 55 баллов.**

**Итоговый контроль: 40 баллов**

Семестр   5  

Всего часов – **108 часов.**

в том числе:

- 1 лекции - **17 часов;**
- 2 семинарские / практические занятия - **нет;**
- 3 лабораторные работы - **34 часов;**
- 4 подготовка к лекциям - **37 часов;**
- 5 подготовка к семинарским / практическим занятиям - **не предусмотрено учебным планом;**
- 6 подготовка к лабораторным работам - **20 часов;**
- 7 подготовка к экзамену / зачету - **не предусмотрено учебным планом;**

Информация о контрольных точках	Текущий контроль(<=25) (ТК)						Промежуточный контроль (<=30) (ПК)		Форма итогового контроля
	ТК <sub>1</sub>	ТК <sub>2</sub>	ТК <sub>3</sub>	ТК <sub>4</sub>	ТК <sub>5</sub>	ТК <sub>6</sub>	ПК <sub>1</sub>	ПК <sub>2</sub>	
Форма контроля	ТЗ, ПЗ	ТЗ, ПЗ	ТЗ, ПЗ	ТЗ, ПЗ	ТЗ, ПЗ	ТЗ, ПЗ	КР	КР	зачет
Неделя сдачи	3	5	7	10	12	15	6	12	
Максимальный балл	2	2	9	2	2	8	15	15	

**Примечание:** В целях удобства организации текущего контроля учет посещаемости студентов в баллах вписывается в данную таблицу только два раза (включается в ТК3 и ТК6), подводя итоги посещаемости на этапах текущих контролей 1 (ТК<sub>1</sub>, ТК<sub>2</sub>, ТК<sub>3</sub>) и 2 (ТК<sub>4</sub>, ТК<sub>5</sub>, ТК<sub>6</sub>). При этом максимальный балл за посещаемость на каждом этапе составляет 4 б.

**Структура баллов, начисляемых студентам по результатам  
текущего контроля и промежуточного контроля**

№ п/п	Наименование видов учебной работы	Начисляемое количество баллов (долей баллов)	Максимальное количество баллов по данному виду учебной работы
1	<b>Раздел 1</b>	2	
	<b>Текущий контроль 1:</b> а) выполнение теоретических заданий б) выполнение лабораторных работ		2
2	<b>Раздел 2</b>	2	
	<b>Текущий контроль 2:</b> а) выполнение теоретических заданий б) выполнение лабораторных работ		2
3	<b>Раздел 3</b>	9	
	<b>Текущий контроль 3:</b> а) выполнение теоретических заданий б) выполнение лабораторных работ		3
	Посещение лекций	0,7 балла за лекцию	3
	Посещение лабораторных занятий	0,3 балла за лабораторное занятие	3
4	<b>Промежуточный контроль по разделам 1-3.</b>	<b>15</b>	15
5	<b>Раздел 4</b>	2	
	<b>Текущий контроль 4:</b> а) выполнение теоретических заданий б) выполнение лабораторных работ		2
6	<b>Раздел 5</b>	2	
	<b>Текущий контроль 5:</b> а) выполнение теоретических заданий б) выполнение лабораторных работ		2
7	<b>Раздел 6</b>	8	
	<b>Текущий контроль 6:</b> а) выполнение теоретических заданий б) выполнение лабораторных работ		2
	Посещение лекций	0,7 балла за лекцию	3
	Посещение лабораторных занятий	0,3 балла за лабораторное занятие	3
8	<b>Промежуточный контроль разделам 4-6</b>	<b>15</b>	15
9	<b>ИТОГО БАЛЛОВ ЗА СЕМЕСТР:</b>		<b>55</b>



## Перечень домашних заданий и видов самостоятельной работы студентов

№ п/п	Темы домашних заданий и самостоятельной работы	Недели семестра, в которых будет выдаваться задание	Недели семестров, в которых будут приниматься отчеты по домашним заданиям и работам
1	Раздел 1. Вычислительные методы линейной алгебры	1	3
2	Раздел 2. Интерполирование функций	3	6
3	Раздел 3. Численное интегрирование и дифференцирование	6	9
4	<b>Подготовка к промежуточному контролю №1</b>		9
5	Раздел 4. Решение нелинейных уравнений и систем уравнений	9	12
6	Раздел 5. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	12	15
7	Раздел 6. Компьютерное моделирование задач механики деформируемого твердого тела с использованием пакетов прикладных программ	15	17
8	<b>Подготовка к промежуточному контролю №2</b>		17

Ведущий преподаватель \_\_\_\_\_ /Власов С.Н./

Приложение 1  
к рабочей программе дисциплины  
**«Численное моделирование технологических операций»**

**Аннотация рабочей программы**

Дисциплина «Численное моделирование технологических операций» относится к дисциплинам по выбору вариативной части дисциплин блока 1 профессионального модуля дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Дисциплина реализуется на физико-техническом факультете ДИТИ НИЯУ МИФИ кафедрой технологии машиностроения.

Дисциплина нацелена на формирование компетенций ОПК-2, ОПК-3 выпускника.

Дисциплина «Численное моделирование технологических операций» имеет целью технологических операций, особенностей областей применения и методики использования их как готового инструмента практической работы при проектировании и разработке систем, математической обработке данных, построении алгоритмов и организации вычислительных процессов на ПК

В результате изучения дисциплины «Численное моделирование технологических операций» обучаемый должен знать: основные численные методы и алгоритмы решения типовых задач математического анализа, алгебры, обыкновенных дифференциальных уравнений, математической физики; приемы вычислительных процедур, научиться выбирать оптимальный численный метод решения данной задачи, давать математические характеристики точности исходной информации и оценивать точность полученного численного решения; уметь: разрабатывать вычислительные алгоритмы решения задач, возникающих в процессе математического моделирования объектов и явлений; использовать современные компьютерные технологии и пакеты прикладных программ для решения численных задач; владеть: навыками использования информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности; навыками численного решения моделей прикладных задач.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в формах: выполнение лабораторных работ; защита лабораторных работ; устные опросы; расчетно-графические работы, промежуточный контроль в форме тестирования и итоговый контроль в форме зачета (включает в себя ответ на теоретические вопросы и/или решения задач).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (17 часов), лабораторные (34 часа) занятия и самостоятельная работа студента (57 часов).

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины  
«Численное моделирование технологических операций»

**Методические указания для самостоятельной работы обучающихся**

N п/п	Автор	Название	Место изда- ния	Наименова- ние издатель- ства	Год изда- ния	Количество экземпля- ров
1	Власов С.Н., Саган И.А.	Методические рекоменда- ции для студентов по организации самостоя- тельной работы [Текст]: Для студентов направле- ний 15.03.02 – «Техноло- гические машины и обо- рудование» и 15.03.05 – «Конструкторско- технологическое обеспе- чение машиностроитель- ных производств» днев- ной и заочной форм обу- чения	Димит- митров ров- град	ДИТИ НИЯУ МИФИ	2015	150

Приложение 4  
к рабочей программе дисциплины  
«Численное моделирование технологических операций»

**Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 часов, из них 51 час аудиторных занятий и 57 часов, отведенных на самостоятельную работу студента.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

С целью рациональной организации самостоятельной работы студента, подготовлены методические указания:

1. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы. Для студентов направлений 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование» и 15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» дневной и заочной форм обучения / сост. С.Н. Власов, Саган И.А. – Димитровград: ДИТИ НИЯУ МИФИ, 2015. – 23 с.

Организация деятельности студента в процессе освоения дисциплины приведен в таблице.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. 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 лабораторном занятии. Уделить особое внимание современным методам проектирования и оптимизации конструкций.
Лабораторные занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Просмотр и виде учебника, решение расчетно-графических заданий. Методические указания по выполнению лабораторных работ: Власов С.Н. Численное моделирование технологических операций. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств дневной и заочной форм обучения / Сост. С.Н. Власов. – Димитровград, 2015. – 37 с.
Индивидуальные задания	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспектирование основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. Решение типовых задач.

Расчетно-графические работы	Патентный поиск и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением конструкторских документов. Выполнение расчетов по актуальным задачам проектирования.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

Приложение 5  
к рабочей программе дисциплины  
«Численное моделирование технологических операций»

**ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ**  
**Рекомендации по организации и технологиям обучения для преподавателя**

**I. Образовательные технологии**

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий.

**Коммуникативное обучение:** чтение лекций, изложение нового материала с использованием традиционных форм преподавания, наглядных пособий и презентаций (*разделы 1-6*).

**Информационные технологии:** использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, лабораторным занятиям (*разделы 1-6*).

**Работа в команде:** совместная работа студентов в группе при выполнении лабораторных работ, выполнении групповых домашних заданий (*разделы 1-6*).

**II. Виды и содержание учебных занятий**

**Раздел 1. Вычислительные методы линейной алгебры**

**Теоретические занятия (лекции) - 4 часа.**

**Лекция 1.**

Численные методы как раздел современной математики. Роль компьютерноориентированных численных методов в исследовании сложных математических моделей. Погрешность результата численного решения задачи. Требования к численным методам: корректность, сходимость, точность.

*Тип лекции: интерактивная, с визуальным материалом.*

На лекции используются схемы, рисунки. Проведение лекции сводится к связному развернутому комментированию преподавателем подготовленных наглядных пособий. При этом важна логика и ритм подачи учебного материала.

**Лекция 2.**

Нормы векторов и матриц, согласованные нормы. Основные задачи линейной алгебры. Точные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Крамера. Метод исключения Гаусса. Метод Гаусса с выбором главного элемента. Метод квадратного корня. Вычисление определителя. Вычисление обратной матрицы.

Методы решения систем линейных алгебраических уравнений с трехдиагональными и ленточными матрицами. Метод прогонки решения систем линейных алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей. Алгоритм и обоснование метода (корректность и устойчивость). Варианты метода прогонки: немонотонная прогонка, встречная прогонка, циклическая прогонка.

Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод простой итерации. Теорема о достаточном условии сходимости. Необходимое и достаточное условие сходимости метода простой итерации. Метод простой итерации для систем с симметричными положительно определенными матрицами. Оптимизация итерационного параметра. Метод Зейделя. Итерационные методы вариационного типа. Метод наискорейшего градиентного спуска. Метод сопряженных градиентов.

Погрешность приближенного решения системы линейных алгебраических уравнений. Обусловленность матриц и систем. Методы регуляризации решения плохо обусловленных систем уравнений. Вариационный подход к решению плохо обусловленных систем.

*Тип лекции: интерактивная, с визуальным материалом.*

На лекции используются схемы, рисунки. Проведение лекции сводится к связному развернутому комментированию преподавателем подготовленных наглядных пособий. При этом важна логика и ритм подачи учебного материала.

## **Раздел 2. Интерполирование функций**

**Теоретические занятия (лекции) - 4 часа.**

### **Лекция 3.**

Постановка задачи интерполирования. Интерполирование алгебраическими многочленами. Интерполяционный многочлен Лагранжа, его существование и единственность. Оценка погрешности интерполяционной формулы Лагранжа. Количество арифметических операций как один из критериев оценки качества алгоритма. Разделенные разности и их свойства. Интерполяционная формула Ньютона с разделенными разностями.

*Тип лекции: интерактивная, с визуальным материалом.*

На лекции используются схемы, рисунки. Проведение лекции сводится к связному развернутому комментированию преподавателем подготовленных наглядных пособий. При этом важна логика и ритм подачи учебного материала.

### **Лекция 4.**

Многочлены Чебышева и их свойства. Минимизация остаточного члена погрешности интерполирования. Оптимальный выбор узлов интерполирования. Применение аппарата интерполирования. Обратная интерполяция. Сходимость интерполяционного процесса. Другие постановки задачи интерполирования: интерполирование с кратными узлами, рациональная интерполяция, двумерная интерполяция. Тригонометрическая интерполяция. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Общая постановка задачи интерполяции.

*Тип лекции: интерактивная, с визуальным материалом.*

На лекции используются схемы, рисунки. Проведение лекции сводится к связному развернутому комментированию преподавателем подготовленных наглядных пособий. При этом важна логика и ритм подачи учебного материала.

**Лабораторный практикум - 8 часов, 2 работы.**

### **Лабораторная работа №1.**

Метод наименьших квадратов в случае аппроксимации полиномами.

*Форма проведения занятий:* в группах по 6-12 человек, работа на установленном в лаборатории оборудовании

*Отрабатываемые вопросы:* метод наименьших квадратов в случае аппроксимации полиномами.

### **Лабораторная работа №2.**

Построение кривой по точкам. Метод линеаризации данных.

*Форма проведения занятий:* в группах по 6-12 человек, работа на установленном в лаборатории оборудовании

*Отрабатываемые вопросы:* построение кривой по точкам, метод линеаризации данных

## **Раздел 3. Численное интегрирование и дифференцирование**

**Теоретические занятия (лекции) - 2 часа.**

### **Лекция 5.**

Простейшие квадратурные формулы: прямоугольников, трапеций, Симпсона. Оценка погрешности квадратурных формул. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Оценки погрешности этих формул. Квадратурные формулы Гаусса. Построение формул Гаусса. Положительность коэффициентов формул Гаусса. Погрешность формул Гаусса. Квадратурные формулы Гаусса, отвечающие простейшим весовым функциям: постоянному весу, весу Якоби, весу Лагерра, весу Эрмита. Сходимость квадратурных формул. Составные квадратурные формулы. Оценка их погрешности. Составные формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона. Правило Рунге практической оценки погрешности. Автоматический выбор шага интегрирования. Вычисление интегралов от функций с особенностями: аддитивное и мультипликативное выделение особенностей, построение специальных формул. Численное дифференцирование. Построение формул численного дифференцирования: применение интерполирования, метод неопределенных коэффициентов. Вычислительная погрешность формул численного дифференцирования.

*Тип лекции: информационная лекция.*

На лекции происходит передача учебной информации от преподавателя к студентам, в том числе с использованием компьютерных и технических средств, направленная в основном на приобретение студентами новых теоретических и фактических знаний.

**Лабораторный практикум - 8 часов, 2 работы.**

**Лабораторная работа №3.**

Приближенное вычисление определенных интегралов. Методы прямоугольников и метод Симпсона.

*Форма проведения занятий:* в группах по 6-12 человек, работа на установленном в лаборатории оборудовании

*Отрабатываемые вопросы:* приближенное вычисление определенных интегралов, методы прямоугольников и метод Симпсона.

**Лабораторная работа №4.**

Приближенное вычисление интегралов. Формула Чебышева и формула Гаусса.

*Форма проведения занятий:* в группах по 6-12 человек, работа на установленном в лаборатории оборудовании

*Отрабатываемые вопросы:* приближенное вычисление интегралов, формула Чебышева и формула Гаусса.

**Раздел 4. Решение нелинейных уравнений и систем уравнений**

**Теоретические занятия (лекции) - 2 часа.**

**Лекция 6.**

Метод простой итерации для решения нелинейных уравнений. Сходимость метода.

Метод Ньютона. Геометрическая интерпретация метода Ньютона в случае скалярного уравнения. Сходимость метода Ньютона.

Другие методы решения одного уравнения: метод секущих, метод парабол, метод вилки.

*Тип лекции:* информационная лекция.

На лекции происходит передача учебной информации от преподавателя к студентам, в том числе с использованием компьютерных и технических средств, направленная в основном на приобретение студентами новых теоретических и фактических знаний.

**Лабораторный практикум - 8 часов, 2 работы.**

**Лабораторная работа №5.**

Приближенное вычисление интегральных уравнений Фредгольма и Вольтера.

*Форма проведения занятий:* в группах по 6-12 человек, работа на установленном в лаборатории оборудовании

*Отрабатываемые вопросы:* приближенное вычисление интегральных уравнений Фредгольма и Вольтера.

**Лабораторная работа №6.**

Численные одношаговые методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

*Форма проведения занятий:* в группах по 6-12 человек, работа на установленном в лаборатории оборудовании

*Отрабатываемые вопросы:* численные одношаговые методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

**Раздел 5. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений**

**Теоретические занятия (лекции) - 4 часа.**

**Лекция 7.**

Постановка задачи Коши. Метод разложения в ряд Тейлора решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы Рунге-Кутты. Общая формулировка методов. Погрешность аппроксимации, точность. Сходимость методов. Семейства методов второго, третьего, четвертого порядков. Многошаговые разностные методы. Явные и неявные методы. Методы Адамса. Погрешность аппроксимации многошаговых методов. Устойчивость и сходимость методов. Примеры многошаговых разностных методов.

*Тип лекции:* информационная лекция.



На лекции происходит передача учебной информации от преподавателя к студентам, в том числе с использованием компьютерных и технических средств, направленная в основном на приобретение студентами новых теоретических и фактических знаний.

#### **Лекция 8.**

Численное интегрирование жестких систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Условно и абсолютно устойчивые разностные методы. Область устойчивости. А-устойчивые разностные методы.  $A(\alpha)$ -устойчивость. Метод Гира. Чисто неявные разностные методы.

Постановка краевых задач. Метод пристрелки. Метод параллельной пристрелки.

*Тип лекции: информационная лекция.*

На лекции происходит передача учебной информации от преподавателя к студентам, в том числе с использованием компьютерных и технических средств, направленная в основном на приобретение студентами новых теоретических и фактических знаний.

#### **Лабораторный практикум - 10 часов, 3 работы.**

##### **Лабораторная работа №7.**

Численные многошаговые методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

*Форма проведения занятий:* в группах по 6-12 человек, работа на установленном в лаборатории оборудовании

*Отрабатываемые вопросы:* Численные многошаговые методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

##### **Лабораторная работа №8.**

Приближенное решение систем дифференциальных уравнений.

*Форма проведения занятий:* в группах по 6-12 человек, работа на установленном в лаборатории оборудовании

*Отрабатываемые вопросы:* приближенное решение систем дифференциальных уравнений.

##### **Лабораторная работа №9.**

Решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений методом прогонки.

*Форма проведения занятий:* в группах по 6-12 человек, работа на установленном в лаборатории оборудовании

*Отрабатываемые вопросы:* решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений методом прогонки

### **Раздел 6. Компьютерное моделирование задач механики деформируемого твердого тела с использованием пакетов прикладных программ**

#### **Теоретические занятия (лекции) - 1 час.**

##### **Лекция 9.**

Общая характеристика пакетов прикладных программ для моделирования задач механики. Устройство пакета программ. Правило проведения вычислений. Визуализация результатов расчетов.

Основные понятия теории разностных схем. Сетки и сеточные функции. Нормы в пространстве сеточных функций. Аппроксимация дифференциальных операторов разностными операторами. Порядок аппроксимации. Аппроксимация простейших дифференциальных операторов. Постановка разностной задачи. Явные и неявные разностные схемы. Аппроксимация дифференциальной задачи разностной задачей. Корректность разностной задачи. Абсолютная и условная устойчивость. Сходимость решения разностной задачи к решению дифференциальной задачи. Точность. Теорема сходимости.

Методы построения разностных схем. Метод разностной аппроксимации. Метод неопределенных коэффициентов. Интегро-интерполяционный метод (метод баланса).

Методы исследования устойчивости разностных схем. Необходимый спектральный признак Неймана. Принцип “замороженных” коэффициентов. Принцип максимума для разностных схем.

Разностные схемы для одномерных параболических уравнений. Семейство разностных схем с весами для уравнения теплопроводности с постоянными коэффициентами. Порядок аппроксимации схемы при различных значениях веса и правой части. Применение принципа максимума для исследования устойчивости. Равномерная сходимость схемы. Монотонные разностные схемы.

Разностные схемы для одномерных гиперболических уравнений. Разностные схемы для уравнения переноса. Семейство схем с весами для уравнения колебаний струны. Погрешность аппроксимации и устойчивость схемы при различных значениях веса и правой части. Условие устойчивости Куранта.

Разностные схемы для эллиптических уравнений. Разностные аппроксимации для двумерного уравнения Пуассона. Схемы повышенного порядка аппроксимации. Разностная задача Дирихле в прямоугольнике. Исследование корректности с помощью принципа максимума. Сходимость и оценка порядка точности для различных схем.

Экономичные разностные схемы для многомерных задач математической физики. Явная и неявная разностные схемы для двумерного уравнения теплопроводности. Неоднородные разностные схемы. Разностные схемы метода дробных шагов. Схема переменных направлений. Исследование аппроксимации и устойчивости. Аппроксимация граничных условий на дробном шаге. Метод приближенной факторизации. Экономичные факторизованные схемы для многомерных параболических и гиперболических уравнений.

Методы решения сеточных уравнений. Прямые методы решения сеточных краевых задач. Метод Гаусса. Метод матричной прогонки. Быстрое дискретное преобразование Фурье и его применение к решению разностного уравнения Пуассона. Метод простой итерации решения разностной задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Метод установления. Итерационные схемы дробных шагов и приближенной факторизации.

Другие методы решения уравнений в частных производных. Метод характеристик для гиперболических уравнений. Метод прямых. Вариационные и проекционные методы: Рунге, Галеркина, наименьших квадратов, коллокации. Вариационно-разностные и проекционно-разностные методы (методы конечных элементов).

*Тип лекции: информационная лекция.*

На лекции происходит передача учебной информации от преподавателя к студентам, в том числе с использованием компьютерных и технических средств, направленная в основном на приобретение студентами новых теоретических и фактических знаний.

Используемое оборудование, цели и задачи лабораторных работ приведены в методических указаниях

№ п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Количество экземпляров
1	Власов С.Н.	Численное моделирование технологических операций [Текст]: Методические указания к лабораторным работам для студентов направления 15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» дневной и заочной форм обучения	Дмитров-град	ДИТИ НИЯУ МИФИ	2015	60