

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН РЭФ

д.т.н. Хрусталеv В. А.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Методы математического моделирования

Образовательная программа: 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, магистерская программа: Компоненты микро- и наносистемной техники

Курс: 1, семестр : 1

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	Вид деятельности	1
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	64
4	Лекции, час.	18
5	Практические занятия, час.	18
6	Лабораторные занятия, час.	18
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	32
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	8
10	Самостоятельная работа, час.	80
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	контр.
12	Вид аттестации	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС введен в действие приказом №990 от 09.09.2015 г. , дата утверждения: 05.10.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, базовая

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, протокол заседания кафедры №5 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

старший преподаватель, Калинин С. В.

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Гайслер В. А.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Гайслер В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ПК.3 готовность разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники; в части следующих результатов обучения:
з1. знать методы синтеза и исследования моделей
з3. знать физические и математические модели процессов и явлений, относящихся к исследуемому объекту
у1. уметь осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы
у10. уметь адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования
у11. уметь применять современные методы расчета и анализа нано- и микросистем
у3. владеть методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области
у5. владеть навыками и методиками разработки физико-математических моделей процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Методы математического моделирования</i>	
ПК.3.з1 знать методы синтеза и исследования моделей	
1. об основных особенностях численных методов, используемых при обработке результатов экспериментов в микро- и нанoeлектронике	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
2. о теоретическом базисе численных методов, используемых при решении краевых задач математической физике	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.3.з3 знать физические и математические модели процессов и явлений, относящихся к исследуемому объекту	
3. о месте численных методов в математическом моделировании задач микро- и нанoeлектронике	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.3.з1 знать методы синтеза и исследования моделей	
4. об основных параметрах численных методов, обеспечивающих их сходимость	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.3.з3 знать физические и математические модели процессов и явлений, относящихся к исследуемому объекту	
5. о современных тенденциях развития численных методов в математическом моделировании	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.3.у1 уметь осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы	
6. Понятийный аппарат (терминологию) дисциплины	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.3.у3 владеть методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области	
7. Математическую сущность методов интерполяции и аппроксимации экспериментальных данных	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

8. Численные методы, используемые для вычисления определенных интегралов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.3.у5 владеть навыками и методиками разработки физико-математических моделей процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники	
9. Разностные методы, используемые при решении краевых задач переноса тепла и диффузионных процессов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.3.у10 уметь адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования	
10. Суть метода конечных элементов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.3.у11 уметь применять современные методы расчета и анализа нано- и микросистем	
11. Применять современный аппарат сплайнов для математической обработки результатов экспериментов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
12. Численно вычислять определенные интегралы с наперед заданной точностью (в том числе, путем применения метода Монте-Карло)	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
13. Исследовать разностные схемы на аппроксимацию и устойчивость	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
14. Решать большие системы линейных уравнений с разреженной матрицей	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
15. Строить для метода конечных элементов матрицу жесткости и вектор нагрузок в задаче переноса тепла	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
16. Модульного программирования численных методов в среде MATHCAD	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
17. Использование численных методов в задачах обработки данных и краевых задачах уравнений математической физики	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 1				
Дидактическая единица: Интерполяция и аппроксимация функций				
1. Интерполяционные сплайны	0	2	1, 11, 16, 5, 6, 7	Общие вопросы приближения функций. Табличные модели МОП транзисторов. Интерполяция полиномами. Функция Рунге. Полиномы Лагранжа. Сплайн-интерполяция. Алгоритм построения интерполяционного кубического сплайна. Краевые условия для интерполяционного кубического сплайна..

2. Сглаживающие сплайны	0	2	1, 11, 16, 17, 3, 4, 5, 6, 7	Механические сплайны и экстремальное свойство кубических сплайнов. Сглаживающие сплайны. Алгоритм построения. Метод пятидиагональной прогонки и особенности определения весовых множителей. Монотонная сплайн-интерполяция
Дидактическая единица: Численное интегрирование				
3. Квадратурные формулы	0	2	1, 12, 16, 17, 3, 8	Квадратурные формулы. Погрешность и порядок точности. Простейшие квадратурные формулы прямоугольников и трапеций. Формулы Ньютона-Котеса. Формула Симпсона.
4. Адаптивное интегрирование	0	1	1, 12, 16, 17, 3, 8	Вычисление интеграла с заданной точностью. Метод Рунге. Экстраполяция по Ричардсону.
5. Интегрирование сплайнами	0	1	1, 12, 16, 17, 3, 5, 6, 8	Численное интегрирование на основе сплайн-интерполяции.
6. Интегрирование многомерных интегралов	0	1	1, 12, 16, 17, 3, 5, 6, 9	Вычисление многомерных интегралов методом Монте-Карло
Дидактическая единица: Метод сеток для уравнений математической физики				
7. Краевые задачи для уравнения теплопроводности	0	1	1, 2, 3, 9	Уравнение теплопроводности (диффузии). Краевые задачи. Принцип максимума.
8. Метод сеток	0	2	1, 13, 14, 16, 17, 2, 4	Сетка, сеточная функция, разностная схема. Явные и неявные схемы для уравнения теплопроводности. Число Куранта. Схема Кранка-Николсона.
9. Математическая теория разностных схем	0	2	1, 2, 3, 4, 5	Сходимость, аппроксимация, невязка и устойчивость разностной схемы. Основная теорема. Методика аппроксимации для уравнения теплопроводности. Спектральный признак устойчивости. Примеры использования спектрального признака устойчивости.
Дидактическая единица: Метод конечных элементов для уравнений математической физики				
10. Конечные элементы и функции формы	0	1	1, 10, 14, 15, 2, 4, 5	Основная концепция метода конечных элементов. Функции формы одномерных конечных элементов.

11. Вариационный принцип и метод конечных элементов	0	3	1, 10, 14, 15, 16, 17, 2, 4, 5	Вариационный метод решения краевой задачи для уравнения теплопроводности. Решение задачи о вычислении распределения температуры в тонком стержне методом конечных элементов. Процесс ансамблирования матрицы жёсткости и вектора нагрузок. Общий алгоритм решения краевой задачи методом конечных элементов. Численный пример.
---	---	---	--------------------------------	--

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 1				
Дидактическая единица: Интерполяция и аппроксимация функций				
1. Моделирование кривой по точкам	4	4	1, 11, 12, 16, 17, 5, 6, 7	Интерполяция Лагранжа и Ньютона функции Рунге. Код в MATHCAD. Алгоритм кубического интерполяционного сплайна. Код в MATHCAD. Сглаживающий кубический сплайн и аппроксимация "зашумленных" экспериментальных данных. Код в MATHCAD.
Дидактическая единица: Численное интегрирование				
2. Квадратурные формулы; Адаптивное интегрирование; Интегрирование многомерных интегралов	4	4	1, 12, 16, 17, 3, 5, 6, 8	Квадратурные формулы интерполяционного типа. Код в MATHCAD. Адаптивное интегрирование и метод Рунге. Вычисление многомерных интегралов методом Монте-Карло. Код в MATHCAD
Дидактическая единица: Метод сеток для уравнений математической физики				
3. Краевые задачи для уравнения теплопроводности; Метод сеток; Математическая теория разностных схем	4	4	1, 13, 14, 16, 17, 2, 3, 4, 5, 6, 9	Краевая задача для уравнения теплопроводности. Явные и неявные схемы. Порядок аппроксимации и устойчивость. Число Куранта и схема Кранка-Николсона. Код в MATHCAD. Принцип максимума
Дидактическая единица: Метод конечных элементов для уравнений математической физики				
4. Конечные элементы и функции формы; Вариационный принцип и метод конечных элементов	4	6	1, 10, 14, 15, 16, 17, 2, 3, 4, 5, 6	Одномерные конечные элементы и функции формы. Задача о переносе тепла в тонком стержне и ее решение методом конечных элементов. Матрица жесткости и вектор нагрузок. Обобщения задачи о переносе тепла

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 1				
Дидактическая единица: Интерполяция и аппроксимация функций				
1. Моделирование кривой по точкам	4	4	1, 11, 17, 5, 6, 7	Интерполяция Лагранжа и Ньютона функции Рунге. Алгоритм кубического интерполяционного сплайна. Сглаживающий кубический сплайн и аппроксимация "зашумленных" экспериментальных данных.
Дидактическая единица: Численное интегрирование				
2. Квадратурные формулы; Адаптивное интегрирование; Интегрирование многомерных интегралов	4	4	1, 12, 16, 3, 5, 6, 8	Квадратурные формулы интерполяционного типа. Адаптивное интегрирование и метод Рунге. Вычисление многомерных интегралов методом Монте-Карло.
Дидактическая единица: Метод сеток для уравнений математической физики				
3. Разностные методы решения краевых задач	4	4	1, 13, 14, 16, 17, 4, 5, 6, 9	Краевая задача для уравнения теплопроводности. Явные и неявные схемы. Порядок аппроксимации и устойчивость. Число Куранта и схема Кранка-Николсона. Код в MATHCAD. Принцип максимума
Дидактическая единица: Метод конечных элементов для уравнений математической физики				
4. Метод конечных элементов	4	6	1, 10, 14, 15, 16, 17, 2, 3, 4, 5, 6	Одномерные конечные элементы и функции формы. Задача о переносе тепла в тонком стержне и ее решение методом конечных элементов. Матрица жесткости и вектор нагрузок. Обобщения задачи о переносе тепла.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 1				
1	Контрольные работы	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 3, 4, 5	5	0
: Персова М. Г. Метод конечных элементов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000186203 . - Загл. с экрана.				
2	Подготовка к занятиям	1, 10, 11, 12, 13, 15, 2, 3, 6, 7, 8, 9	40	0

Работа с конспектом лекций, литературой и справочными данными. Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов: Персова М. Г. Метод конечных элементов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000186203 . - Загл. с экрана.				
3	Дополнительная учебная деятельность	1, 2, 3, 4, 5	6	0
Работа с иностранной литературой из Интернета и журнальными публикациями: Персова М. Г. Метод конечных элементов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000186203 . - Загл. с экрана.				
4	Подготовка к аттестации	1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	29	8
Подготовка к защите тем (дидактических единиц) и подготовка к экзамену: Персова М. Г. Метод конечных элементов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000186203 . - Загл. с экрана.				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail
Консультирование	e-mail
Контроль	e-mail
Размещение учебных материалов	e-mail

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 1		
<i>Подготовка к занятиям:</i>	9	18
<i>Лекция:</i>	2	4
<i>Лабораторная:</i>	10	20
<i>Практические занятия:</i>	6	12
<i>Контрольные работы:</i>	3	6
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Персова М. Г. Метод конечных элементов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000186203 . - Загл. с экрана."		
<i>Экзамен:</i>	20	40

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Защита ЛР	Контр. раб.	Экзамен
ПК.3	з1. знать методы синтеза и исследования моделей			+
	з3. знать физические и математические модели процессов и явлений, относящихся к исследуемому объекту			+
	у1. уметь осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы			+
	у10. уметь адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования			+
	у11. уметь применять современные методы расчета и анализа нано- и микросистем	+	+	+
	у3. владеть методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области			+
	у5. владеть навыками и методиками разработки физико-математических моделей процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники	+		

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Барахнин В. Б. Введение в численный анализ : учебное пособие / В. Б. Барахнин, В. П. Шапеев. - СПб. [и др.], 2005. - 106, [1] с.
2. Рашиков В. И. Численные методы решения физических задач : учебное пособие / В. И. Рашиков, А. С. Рошаль. - СПб. [и др.], 2005. - 204, [1] с. : ил.
3. Соболева О. Н. Введение в численные методы : [учебное пособие] / О. Н. Соболева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 63, [1] с. : табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000159520
4. Зализняк В. Е. Основы научных вычислений. Введение в численные методы для физиков и инженеров / В. Е. Зализняк ; Красноярск. гос. пед. ун-т им. В. П. Астафьева. - М., 2006. - 263, [1] с. : ил.

Дополнительная литература

1. Самарский А. А. Введение в численные методы. - М., 1997. - 239с.
2. Абрамов И. И. Численное моделирование элементов интегральных схем / И. И. Абрамов, В. В. Харитонов ; под ред. А. Г. Шашкова. - Минск, 1990. - 223, [1] с. : ил., схемы
3. Польский Б. С. Численное моделирование полупроводниковых приборов / Б. С. Польский. - Рига, 1986. - 168 с. : ил., схемы
4. Мулярчик С. Г. Численное моделирование микроэлектронных структур : [монография] / С. Г. Мулярчик. - Минск, 1989. - 367, [1] с. : табл., схемы
5. Поршнев С. В. Вычислительная математика. Курс лекций : учебное пособие для вузов / Сергей Поршнев. - Санкт-Петербург, 2004. - 304 с. : ил.

6. Мэтьюз Д. Г. Численные методы. Использование MATLAB / Дж. Г. Мэтьюз, К. Д. Финк; Под ред. Ю. В. Козаченко. - М., 2001. - 713с. : ил.
7. Сегерлинд Л. Д. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд ; пер. с англ. А. А. Шестакова ; под ред. Б. Е. Победри. - М., 1979. - 392 с. : ил.
8. Сабоннадьер Ж. Метод конечных элементов и САПР : Пер. с фр. / Под ред. Стрельбицкого Э. К. - М., 1989. - 192 с.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Персова М. Г. Метод конечных элементов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000186203. - Загл. с экрана.

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 MathCAD

9. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Используется для проведения лабораторных работ

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Методы математического моделирования** приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.3/НИ готовность разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники	з1. знать методы синтеза и исследования моделей	Вариационный принцип и метод конечных элементов Интерполяционные сплайны Конечные элементы и функции формы Краевые задачи для уравнения теплопроводности; Метод сеток; Математическая теория разностных схем Метод конечных элементов Метод сеток Моделирование кривой по точкам Сглаживающие сплайны	Отчет по лабораторным работам 1,3,4, Контрольная работа	Экзамен, вопросы по темам: «Интерполяция и аппроксимация функций», «Численное интегрирование», «Численные методы решения задач математической физики. Метод сеток» «Численные методы решения задач математической физики. Метод конечных элементов»
ПК.3/НИ	з3. знать физические и математические модели процессов и явлений, относящихся к исследуемому объекту	Интегрирование сплайнами Квадратурные формулы Квадратурные формулы; Адаптивное интегрирование; Интегрирование многомерных интегралов Математическая теория разностных схем Метод конечных элементов Моделирование кривой по точкам Разностные методы решения краевых задач Сглаживающие сплайны	Отчет по лабораторным работам 1,2,3,4, Контрольная работа	Экзамен, вопросы по темам: «Интерполяция и аппроксимация функций», «Численное интегрирование», «Численные методы решения задач математической физики. Метод сеток» «Численные методы решения задач математической физики. Метод конечных элементов»
ПК.3/НИ	у1. уметь осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы	Интегрирование многомерных интегралов Интегрирование сплайнами Интерполяционные сплайны Квадратурные формулы; Адаптивное интегрирование; Интегрирование многомерных интегралов Конечные элементы и функции формы; Вариационный принцип и метод конечных элементов Краевые задачи для уравнения теплопроводности; Метод сеток; Математическая теория разностных схем Метод конечных элементов Моделирование кривой по точкам Разностные методы решения краевых задач Сглаживающие сплайны	Отчет по лабораторным работам 1,2,3,4, Контрольная работа	Экзамен, вопросы по темам: «Интерполяция и аппроксимация функций», «Численное интегрирование», «Численные методы решения задач математической физики. Метод сеток» «Численные методы решения задач математической физики. Метод конечных элементов»

ПК.3/НИ	у3. владеть методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области	Адаптивное интегрирование Интегрирование сплайнами Интерполяционные сплайны Квадратурные формулы; Адаптивное интегрирование; Интегрирование многомерных интегралов Моделирование кривой по точкам Сглаживающие сплайны	Отчет по лабораторным работам 1,2,	Экзамен, вопросы по темам: «Интерполяция и аппроксимация функций», «Численное интегрирование»
ПК.3/НИ	у5. владеть навыками и методиками разработки физико-математических моделей процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники	Краевые задачи для уравнения теплопроводности Краевые задачи для уравнения теплопроводности; Метод сеток; Математическая теория разностных схем	Отчет по лабораторной работе 3 Контрольная работа	Экзамен, вопросы по теме: «Численные методы решения задач математической физики. Метод сеток»
ПК.3/НИ	у10. уметь адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования	Вариационный принцип и метод конечных элементов Конечные элементы и функции формы Метод конечных элементов	Отчет по лабораторной работе 4 Контрольная работа	Экзамен, вопросы по теме: «Численные методы решения задач математической физики. Метод конечных элементов»
ПК.3/НИ	у11. уметь применять современные методы расчета и анализа нано- и микросистем	Квадратурные формулы; Адаптивное интегрирование; Интегрирование многомерных интегралов Конечные элементы и функции формы; Вариационный принцип и метод конечных элементов Краевые задачи для уравнения теплопроводности; Метод сеток; Математическая теория разностных схем Метод конечных элементов Метод сеток Моделирование кривой по точкам Разностные методы решения краевых задач	Отчет по лабораторным работам 2,3 Контрольная работа	Экзамен, вопросы по темам: «Интерполяция и аппроксимация функций», «Численное интегрирование», «Численные методы решения задач математической физики. Метод сеток» «Численные методы решения задач математической физики. Метод конечных элементов»

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 1 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.3/НИ.

Экзамен проводится в устной форме, по билетам.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 1 семестре обязательным этапом текущей аттестации является контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.3/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Методы математического моделирования», 1 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу:

первый вопрос выбирается из диапазона вопросов соответствующих одной тематике изученной в ходе семестра, (из 4 возможных);
второй вопрос выбирается из диапазона вопросов соответствующих другой тематике, изученной в ходе семестра, (из оставшихся трех).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Методы математического моделирования»

1. Сплайн-интерполяция. Алгоритм построения интерполяционного кубического сплайна.
2. Функции формы одномерных конечных элементов.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ проф. Гайслер В.А
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет менее 20 баллов.

• Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, оценка составляет 20-25 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 26-34 *баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 35-40 *баллов*.

Экзамен считается сданным, если средняя сумма баллов по всем вопросам составляет не менее 20 баллов (по 40 балльной шкале).

Коэффициент, с которым учитывается полученная сумма баллов в общей оценке по дисциплине, определяется Правилами аттестации исходя из того, что максимальное количество баллов за экзамен не может превышать 40 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Методы математического моделирования»

«Интерполяция и аппроксимация функций»

- 1.1 Общие вопросы приближения функций. Табличные модели МОПТ.
- 1.2 Интерполяция полиномами. Полиномы Лагранжа. Функция Рунге.
- 1.3 Сплайн-интерполяция. Алгоритм построения интерполяционного кубического сплайна.
- 1.4 Краевые условия для интерполяционного кубического сплайна.
- 1.5 Механические сплайны и экстремальное свойство кубических сплайнов.
- 1.6 Сглаживающие кубические сплайны. Алгоритм построения.
- 1.7 Метод пятидиагональной прогонки и особенности определения весовых множителей.
- 1.8 Монотонная сплайн-интерполяция.

«Численное интегрирование»

- 2.1 Квадратурные формулы. Погрешность и порядок точности.
- 2.2 Простейшие квадратурные формулы. Формула прямоугольников
- 2.3 Простейшие квадратурные формулы. Формула трапеций.
- 2.4 Формулы Ньютона-Котеса. Формула Симпсона
- 2.5 Вычисление интегралов с заданной точностью. Метод Рунге. Экстраполяция по Рунге.
- 2.6 Численное интегрирование на основе сплайн-интерполяции.
- 2.7 Вычисление многомерных интегралов методом Монте-Карло.

«Численные методы решения задач математической физики. Метод сеток.»

- 3.1 Вывод трехмерного уравнения теплопроводности.
- 3.2 Краевые задачи для уравнения теплопроводности и принцип максимума.
- 3.3 Основные понятия метода сеток: сетка, сеточная функция, разностные схемы.
- 3.4 Явная и неявная схемы для уравнения теплопроводности. Число Куранта. Схема Кранка-Николсона.
- 3.5 Общие вопросы теории разностных схем. Понятия сходимости, аппроксимации, невязки и устойчивости. Основная теорема для разностных схем.
- 3.6 Методика аппроксимации для уравнения теплопроводности.
- 3.7 Порядок аппроксимации для схемы Кранка-Николсона.
- 3.8 Спектральный признак устойчивости.
- 3.9 Примеры использования спектрального признака устойчивости.

«Численные методы решения задач математической физики. Метод конечных элементов»

4.1 Основная концепция метода конечных элементов. Преимущества и недостатки.

4.2 Функции формы одномерных конечных элементов. Свойства.

4.3 Функции формы двумерных конечных элементов. Свойства.

4.4 Вариационный подход при решении одномерной задачи для уравнения теплопроводности.

4.5 Решение задачи о распределении температуры в тонком стержне методом конечных элементов.

Численный пример

4.6 Процесс ансамблирования (сборки) матрицы теплопроводности и вектора теплопроводности. Численный пример.

4.7 Общий алгоритм решения краевых задач методом конечных элементов.

Вопросы составил _____ доц. Калинин С.В. декабрь 20__

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Методы математического моделирования», 1 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по всем 4 темам, рассматриваемым в семестре. Каждая тема представлена отдельной контролирующей карточкой, количество которых для каждой темы не менее 10.

Выполняется устно.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если выполнено менее 50% заданий. Оценка составляет 0-2 баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если выполнено 50-60% заданий. Оценка составляет 3 балла.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если выполнено 70-80% заданий. Оценка составляет 4-5 баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если выполнено не менее 90% заданий. Оценка составляет 6 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Пример варианта контрольной работы

Пример контрольной карточки по теме 1.

1. Поясните суть понятия интерполяции экспериментальных данных.
2. Поясните, какая связь существует между разделенными и конечными разностями на равномерной сетке?
3. Опишите особенности матрицы СЛАУ используемой при построении интерполяционного кубического сплайна и укажите на основной способ ее решения.
4. Дайте описание механического сплайна, который применяется чертежниками.
5. Дайте описание сглаживающего кубического сплайна

Пример контрольной карточки по теме 2.

1. Поясните, в каких практических задачах возникает необходимость численного интегрирования.

2. Поясните, при использовании какого интерполяционного многочлена Лагранжа получается формула трапеций?
3. Дайте определение квадратурной формулы Ньютона-Котеса. Приведите примеры таких формул.
4. Поясните понятие – адаптивная квадратурная формула.?
5. Поясните, каким образом с помощью датчика случайных чисел можно получать значения дискретной случайной величины. Приведите численный пример

Пример контрольной карточки по теме 3.

1. Перечислите основные численные методы, которые в настоящее время используются при численном моделировании в электронике.
2. Поясните вид СЛАУ в случае использования схемы Кранка-Николсона для начально-краевой задачи, рассмотренной в лекциях.
3. Поясните, каким образом вводится понятие нормы для сеточной функции.
4. Исследуйте с помощью спектрального признака устойчивость неявной разностной схемы для уравнения теплопроводности.

Пример контрольной карточки по теме 4.

1. Поясните основные достоинства метода конечных элементов.
2. Приведите пример функций формы одномерного конечного элемента.
3. Поясните методику построения СЛАУ в методе конечных элементов.
4. Поясните, каким образом в методе конечных элементов учитывается граница, между физически разнородными материалами.