

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан
А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Численные методы и математическое моделирование

по направлению подготовки

03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки:
Радиофизика, электроника и информационные системы

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2024

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
М.Л. Громов

Председатель УМК
А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-3 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.

ПК-2 Способен проводить математическое моделирование процессов в приборах и устройствах радиофизики и электроники, владеть современными отечественными и зарубежными пакетами программ при решении профессиональных задач.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 3.1 Использует современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности.

ИОПК 3.2 Соблюдает требования информационной безопасности при использовании современных информационных технологий и программного обеспечения.

ИПК 2.1 Понимает принцип действия и модели разрабатываемого радиоэлектронного прибора или устройства.

ИПК 2.2 Применяет в профессиональной деятельности различные численные методы, в том числе реализованные в готовых библиотеках при решении конкретных радиофизических задач.

ИПК 2.3 Владеет современными пакетами программ при решении задач в области радиофизики и радиоэлектроники.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить методы численного решения математических задач и способы их программной реализации на современных компьютерах.

– Научиться применять основные численные методы при решении задач радиофизики и оптики.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Четвертый семестр, зачет

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Б1.О.02 «Математический анализ», Б1.О.13 «Дифференциальные уравнения», Б1.О.08 «Линейная алгебра», Б1.О.17 «Радиоэлектроника», Б1.О.10 «Основы информатики», Б1.О.15 «Программирование».

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 32 ч.

-практические занятия: 30 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент

Краткое содержание темы. Математическое моделирование, натурный и вычислительный эксперимент в радиофизике и электронике. Особенности постановки задач и этапы их решения. Взаимосвязь математического моделирования, автоматизации научных исследований и проектирования. Основные этапы решения научной или инженерной задачи. Вычислительный эксперимент, его достоинства и недостатки. Структура погрешности в задачах математического моделирования. Использование стандартного математического обеспечения в вычислительном эксперименте.

Тема 2. Элементы теории погрешностей и компьютерная арифметика

Краткое содержание темы. Классификация погрешностей вычислительного эксперимента. Абсолютная и относительная погрешности. Прямая и обратная задачи теории погрешностей. Погрешности арифметических операций. Представление вещественных чисел в компьютере и особенности компьютерной арифметики. Способы уменьшения погрешности вычислений.

Тема 3. Вычислительные задачи, методы и алгоритмы

Краткое содержание темы. Корректность вычислительной задачи. Обусловленность вычислительной задачи. Классификация вычислительных методов. Требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам.

Тема 4. Решение трансцендентных уравнений

Краткое содержание темы. Задачи, приводящие к нелинейным уравнениям. Обусловленность задачи вычисления корня. Отделение и уточнение корней. Итерационные методы. Порядок сходимости. Методы дихотомии и хорд. Методы Ньютона и секущих. Комбинированные методы (методы Риддера и Бранта). Решение уравнений в комплексной области параметров. Исключение корней и метод парабол. Метод Чебышёва. Поиск корней алгебраических уравнений. Метод простых итераций. Применение рассматриваемых методов в задачах радиофизики и оптики.

Тема 5. Вычислительные задачи линейной алгебры

Краткое содержание темы. Виды задач линейной алгебры. Нормы вектора и матрицы. Классификация методов решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Обусловленность задачи решения СЛАУ. Метод Гаусса с выбором главного элемента для решения СЛАУ и вычисления определителей. Матричные разложения. Решение СЛАУ методами Холецкого и прогонки. Метод простых итераций и метод Зейделя. Обращение матриц. Нахождение собственных значений и векторов. Применение вычислительных методов линейной алгебры в решении радиофизических задач.

Тема 6. Аппроксимация. Интерполяция. Обработка экспериментальных данных

Краткое содержание темы. Единственность интерполяционного полинома. Интерполяционные полиномы: канонический, Лагранжа и Ньютона. Разделенные разности. Априорная и апостериорная оценки погрешностей интерполяции. Обратная интерполяция и ее применение. Глобальная интерполяция и ее особенности. Кусочно-полиномиальная интерполяция. Интерполяция сплайнами. Дискретное преобразование Фурье и тригонометрическая интерполяция. Метод наименьших квадратов (МНК). Применение методов приближения функций в решении радиофизических задач.

Тема 7. Численное дифференцирование и интегрирование

Краткое содержание темы. Простейшие формулы численного дифференцирования. Обусловленность формул численного дифференцирования. Приближенные методы вычисления определенных интегралов. Методы Ньютона-Котеса (методы прямоугольников, трапеций, Симпсона). Априорные и апостериорные оценки погрешностей интегрирования. Формулы Рунге и Эйткена. Обусловленность задачи численного интегрирования. Методы наивысшей алгебраической точности. Методы Монте-Карло. Применение методов численного дифференцирования и интегрирования в решении радиофизических задач.

Тема 8. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений

Краткое содержание темы. Типы задач. Математические модели физических процессов, приводящие к ОДУ. Задача Коши. Разностная схема Эйлера. Методы Рунге-Кутты. Погрешность решений. Многошаговые методы Адамса. Устойчивость численных методов решения задачи Коши. Неявные разностные формулы. Жесткие задачи. Краевые задачи: методы стрельбы и конечных разностей. Задачи на собственные значения. Численное решение ОДУ в задачах радиофизики.

Тема 9. Задачи оптимизации

Краткое содержание темы. Одномерная оптимизация. Обусловленность задачи оптимизации. Методы Фибоначчи, золотого сечения и дихотомии. Методы многомерной оптимизации. Методы координатного и градиентного спусков. Наискорейший спуск. Решение систем уравнений с помощью методов оптимизации.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Проверка заданий осуществляется преподавателем или автоматически в системе MOODLE.

Самостоятельная работа студентов включает выполнение тестов; выполнение домашних работ по решению вычислительных задач с использованием компьютерного программного обеспечения; изучение теории по методическому материалу электронного учебного курса.

Выполнение заданий учитывается в балльно-рейтинговой системе.

Таблица 9.1 – Балльные оценки для элементов контроля в третьем семестре

Элемент учебной деятельности	Максимальный балл на первую контрольную точку	Максимальный балл на вторую контрольную точку	Максимальный балл между второй контрольной точкой и концом семестра	Всего за семестр
Конспект самоподготовки	2	2	2	6
Онлайн-тестирование на лекциях	2	2	2	6
Самостоятельное изучение тем курса	4	4	4	12
Отчет по контрольному заданию	2	2	2	6
Расчетное задание	4	4	4	12
Тест	8	10	10	28
Итого максимум за период	22	24	24	70
Зачет				30
Нарастающий итог	22	46	70	100

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в четвертом семестре проводится в два этапа. Первый этап заключается в прохождении итогового теста по курсу. Тест включает 24 вопроса (по 3 случайных вопроса по основным темам курса). По результатам тестирования студенту предлагается ответить на два теоретических вопроса. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Итоговый тест и теоретические вопросы в каждом билете сформулированы для проверки сформированности следующих компетенций/индикаторов компетенций: ОПК-3, ПК-2, ИОПК 3.1, ИОПК 3.2, ПК-2, ИПК 2.1, ИПК 2.2, ИПК 2.3.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Вопрос 1. Математическое моделирование. Этапы решения модельных задач. Достоинства и недостатки вычислительного эксперимента. Структура погрешности в задачах математического моделирования.
2. Вопрос 2. Абсолютная и относительная погрешности. Правила записи приближенных чисел. Прямая и обратная задачи теории погрешностей.
3. Вопрос 3. Способы и основные особенности представления вещественных чисел в компьютере. Стандарты представления вещественных чисел. Оценка диапазона значений и точности вещественных чисел. Способы повышения точности вычислений.
4. Вопрос 4. Способы отделения корней нелинейного уравнений. Методы дихотомии и хорд (суть методов, графическая интерпретация, условия сходимости, сравнение методов).
5. Вопрос 5. Методы Ньютона и секущих (суть методов, графическая интерпретация, условия сходимости, сравнение методов). Модифицированный метод Ньютона.
6. Вопрос 6. Метод парабол (суть метода, графическая интерпретация, сравнение методами Ньютона и секущих). Исключение найденных корней уравнения.
7. Вопрос 7. Прямые методы решения СЛАУ. Метод Гаусса (суть метода, выбор главного элемента, оценка погрешности найденного решения).
8. Вопрос 8. Прямые методы решения СЛАУ для матриц специального вида (метод Холецкого, метод прогонки).
9. Вопрос 9. Итерационные методы решения СЛАУ. Методы простых итераций и Зейделя (суть методов, условия сходимости, сравнение методов).
10. Вопрос 10. Вычисление определителей и получение обратных матриц (алгоритмы методов вычислений).
11. Вопрос 11. Вычисление собственных значений и собственных векторов. Полная и частичная проблемы собственных значений. Методы вычисления собственных значений (основные идеи методов и алгоритм реализации).
12. Вопрос 12. Интерполяция зависимостей. Постановка задачи. Интерполяция каноническим полиномом.
13. Вопрос 13. Теорема о единственности интерполяционного полинома. Полиномы Ньютона и Лагранжа. Оценка погрешности аппроксимации полиномами. Обратная интерполяция.
14. Вопрос 14. Интерполяция сплайнами. Определение коэффициентов кубического сплайна.
15. Вопрос 15. Метод наименьших квадратов (условие применения, основная идея метода, матрица Грама). Выбор оптимального количества базисных функций.
16. Вопрос 16. Метод наименьших квадратов. Степенной базис. Базис в виде классических ортогональных полиномов. Базис в виде ортогональных полиномов дискретной переменной.
17. Вопрос 17. Методы Ньютона-Котеса (методы прямоугольников, трапеций, Симпсона). Основные идеи методов, графическая интерпретация, порядки методов.
18. Вопрос 18. Априорная и апостериорная оценки погрешности вычисления интегралов. Формулы Рунге. Алгоритм Эйткена.
19. Вопрос 19. Методы Гаусса для численного интегрирования. Основные идеи. Метод Гаусса для одной и двух точек.
20. Вопрос 20. Методы Монте-Карло для численного интегрирования.
21. Вопрос 21. Метод Эйлера (явный, неявный) для решения задачи Коши (Вывод формулы, графическая интерпретация метода, оценка погрешности).

22. Вопрос 22. Методы Рунге-Кутты (основные идеи). Методы Рунге-Кутты второго порядка (модифицированный и усовершенствованный метод Эйлера). Метод Рунге-Кутты четвертого порядка.

23. Вопрос 23. Безусловная оптимизация функций. Метод золотого сечения.

24. Вопрос 24. Оптимизация многомерных функций. Методы координатного и градиентного спусков.

Примеры заданий:

1. Используя методы отделения корней, найти все действительные корни нелинейного уравнения $e^x + 23\cos(x^2 - 5) - 7x + 10 = 0$. Абсолютную погрешность и полосу шума взять равными 10^{-6} . Корни уравнения находить методом дихотомии.

2. Найти все корни (действительные и комплексные) уравнения $x^4 - x^3 - 7x^2 - 8x - 6 = 0$, исключая найденные в процессе решения корни. Абсолютную погрешность и полосу шума взять равными 10^{-6} . Корни уравнения находить методом парабол.

3. Используя метод Зейделя найти решение СЛАУ:

$$-3.2x_1 + 14.2x_2 - 8.7x_3 - 8.8x_4 - 6.2x_5 = 135.54$$

$$17.6x_1 - 3.7x_2 - 6.8x_3 - 2.6x_4 - 1.5x_5 = -18.99$$

$$1.3x_1 - 3.0x_2 - 2.6x_3 + 22.3x_4 + 7.4x_5 = 49.34$$

$$1.5x_1 + 2.3x_2 + 32.2x_3 + 5.4x_4 - 3.5x_5 = -125.06$$

$$8.0x_1 - 3.7x_2 - 0.5x_3 - 4.1x_4 + 19.8x_5 = -99.9$$

Вычислить невязку, нормы матрицы коэффициентов и числа обусловленности.

Абсолютную погрешность взять равной 10^{-6} .

4. Найти все действительные корни нелинейного уравнения

$$F(x) = \begin{vmatrix} 2 & x-4 & 3 \\ 5 & 6 & x-2 \\ -3 & 2+x & 1 \end{vmatrix} - 20 = 0$$

Корни уравнения находить методом секущих. Абсолютную погрешность взять равной 10^{-6} .

5. По заданной таблице узлов и значений функции в узлах построить непрерывную функцию $\varphi(x)$. В заданном интервале найти все корни уравнения $\varphi(x) = 0$. Абсолютную погрешность и полосу шума взять равными 10^{-6} . Для построения функции $\varphi(x)$ использовать интерполяцию полиномом Ньютона. Корни уравнения находить методом Ньютона. Для проверки найти корень уравнения, используя обратную интерполяцию.

$$x_0 = 0.50 \quad f_0 = 0.10653$$

$$x_1 = 0.55 \quad f_1 = 0.07695$$

$$x_2 = 0.60 \quad f_2 = 0.04811$$

$$x_3 = 0.65 \quad f_3 = 0.02205$$

$$x_4 = 0.70 \quad f_4 = -0.00342$$

6. Дана таблица значений аргумента и функции. Полагая, что данные таблицы получены с точностью 0.005, определить оптимальное количество базисных функций для получения аппроксимирующей функции методом наименьших квадратов. В качестве базисных функций выбрать степенные функции.

$$x_0 = 0.2 \quad f_0 = 0.199 \quad x_4 = 1.0 \quad f_4 = 0.841$$

$$x_1 = 0.4 \quad f_1 = 0.389 \quad x_5 = 1.2 \quad f_5 = 0.932$$

$$x_2 = 0.6 \quad f_2 = 0.565 \quad x_6 = 1.4 \quad f_6 = 0.985$$

$$x_3 = 0.8 \quad f_3 = 0.717 \quad x_7 = 1.6 \quad f_7 = 1.000$$

7. В заданном интервале найти все корни уравнения $F(x) = 0$. Абсолютную погрешность и полосу шума взять 10^{-6} . Корни уравнения находить методом

секущих. Значение интеграла вычислить с точностью 10^{-6} методом Гаусса по двум точкам.

$$F(x) = \int_0^x \frac{\cos(t)}{1+t^2} dt - 0.58; \quad x \in [0.5, 10.0]$$

8. В заданном интервале найти все корни уравнения $\varphi(x) = 0$, где $\varphi(x)$ – интерполяционный полином Лагранжа. Функция $\varphi(x)$ аппроксимирует функцию $F(x)$ в заданном интервале значений аргумента x на равномерной сетке с шагом $h = 0.5$. Значение интеграла в узловых точках вычислить с точностью 10^{-6} методом трапеций. Корни уравнения находить методом хорд. Абсолютную погрешность и полосу шума взять равными 10^{-6} .

$$F(x) = \int_1^2 \sin(3x \cdot \ln(t)) dt - 0.17; \quad x \in [0.5, 5.0]; \quad h = 0.5$$

9. В заданном интервале найти все корни уравнения $F(x) = 0$. Абсолютную погрешность и полосу шума взять 10^{-6} . Корни уравнения находить методом секущих. Систему ОДУ решать методом Рунге–Кутты четвертого порядка с точностью 10^{-6} .

$$F(x) = y_1(x) - 0.1; \quad x \in [2.0, 3.0]$$

$$\begin{cases} y_1' = \cos(x + y_2) \\ y_2' = \sin(x^3 - y_1^2 y_2) \end{cases}; \quad y_1(2) = 0; \quad y_1(2) = -1$$

10. В заданном интервале значений аргумента x найти максимум, минимум и все нули функции $F(x)$.

$$F(x) = 1.92 - y_2(x) \quad x \in [1.0; 2.0]$$

$$\begin{cases} y_1' = xy_1 + y_2 \\ y_2' = \sin(y_1 + xy_2) \end{cases}; \quad y_1(1) = 3; \quad y_2(1) = 2$$

Систему ОДУ решать с точностью 10^{-5} методом Рунге – Кутты второго порядка с коррекцией в средней точке.

Примеры тестовых вопросов:

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Модуль разности между точным и приближенным значениями некоторой величины называется - ?	а) абсолютной погрешностью приближенного числа б) абсолютной погрешностью разности в) относительной погрешностью приближенного числа г) относительной погрешностью точного числа д) относительной погрешностью разности
2	Машинный эпсилон ($\epsilon_{\text{маш}}$) - это?	а) минимальная положительная добавка к 1, дающая результат больший 1 б) отношение приближенного значения некоторой величины к ее истинному значению в) отношение абсолютной погрешности к приближенному значению г) разность между истинным и приближенным значением некоторой величины

3	Относительная погрешность произведения равна - ?	а) <i>сумме относительных погрешностей сомножителей</i> б) разности относительных погрешностей сомножителей в) сумме абсолютных погрешностей сомножителей г) разности абсолютных погрешностей сомножителей
4	Если малым погрешностям входных данных отвечают малые погрешности решения, то вычислительная задача является - ?	а) <i>хорошо обусловленной</i> б) плохо обусловленной в) неустойчивой г) некорректной
5	Метод Ньютона для решения нелинейного уравнения $f(x) = 0$ - ?	а) <i>позволяет находить комплексные корни при комплексном приближении</i> б) позволяет находить исключительно комплексные корни в) позволяет находить исключительно действительные корни г) сходится к искомому корню при любых начальных приближениях
6	Метод Гаусса для решения СЛАУ - ?	а) <i>является прямым методом</i> б) является итерационным методом в) частным случаем метода простых итераций г) теоретически позволяет находить приближенное решение СЛАУ
7	Для нахождения коэффициентов канонического полинома необходимо - ?	а) <i>решить систему линейных алгебраических уравнений</i> б) вычислить разделенные разности в) для канонического полинома не надо вычислять коэффициенты г) вычислить коэффициенты полинома Ньютона, затем преобразовать их по таблице узлов
8	Метод наименьших квадратов используется для построения аппроксимирующей функции, если - ?	а) <i>значения функции в узловых точках получены с некоторой известной погрешностью</i> б) не задана таблица узловых точек в) значения функции в узловых точках заданы абсолютно точно г) аппроксимируемая функция в заданной области не является дифференцируемой
9	Класс методов приближенного вычисления определенных интегралов, основанный на замене подынтегральной функции интерполяционным полиномом, построенным по равномерной сетке узлов, называется - ?	а) <i>методами Ньютона-Котеса</i> б) методами Гаусса-Кристоффеля в) методами наивысшей алгебраической точности г) интерполяционными методами
10	Метод Рунге-Кутты четвертого порядка является - ?	а) <i>одношаговым</i> б) многошаговым в) точным

		г) прямым
11	Метод Гира относится к - ?	а) <i>неявным</i> методам б) жестким методам в) одношаговым методам г) итерационным методам
12	Метод координатного спуска - ?	а) <i>относится к методам многомерной оптимизации</i> б) является частным случаем метода градиентного спуска в) позволяет находить только минимальные значения функции г) сводит одномерную задачу к множеству многомерных

Компетенции и результаты обучения, формируемые в результате освоения дисциплины

Компетенция	Индикатор компетенции ¹	Критерии оценивания результатов обучения	
		незачет	зачет
ОПК-3 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.	ИОПК 3.1 Использует современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности.	Обучающийся имеет поверхностные представления об использовании современных информационных технологий и программных средств при решении задач профессиональной деятельности, не может выполнить поставленную задачу с их помощью	Обучающийся легко ориентируется в современных информационных технологиях и программных средствах при решении задач профессиональной деятельности, может применить эти знания при выполнении поставленной модельной задачи.
	ИОПК 3.2 Соблюдает требования информационной безопасности при использовании современных информационных технологий и программного обеспечения.	Обучающийся не соблюдает требования информационной безопасности при использовании современных информационных технологий и программного обеспечения для решения вычислительных задач математического моделирования.	Обучающийся соблюдает требования информационной безопасности при использовании современных информационных технологий и программного обеспечения для решения вычислительных задач математического моделирования.
ПК 2 Способен проводить математическое моделирование	ИПК 2.1 Понимает принцип действия и модели разрабатываемого	Обучающийся имеет смутное представление о принципах работы современных информационных технологий	Обучающийся демонстрирует достаточно уверенное знание принципов работы современных

процессов в приборах и устройствах радиофизики и электроники, владеть современными отечественными и зарубежными пакетами программ при решении при решении профессиональных задач.	радиоэлектронного прибора или устройства	компьютерного моделирования и не может использовать их при решении прикладных задач	информационных технологий компьютерного моделирования, может выбрать необходимые программные продукты и применить их для решения конкретной задачи.
	ИПК 2.2 Применяет в профессиональной деятельности различные численные методы, в том числе реализованные в готовых библиотеках при решении конкретных радиофизических задач		Обучающийся соблюдает требования информационной безопасности при использовании современных информационных технологий и программного обеспечения для решения вычислительных задач математического моделирования.
	ИПК 2.3 Владеет современными пакетами программ при решении задач в области радиофизики и радиоэлектроники		

Текущий контроль по дисциплине также влияет на результаты промежуточной аттестации: своевременное выполнение практических и домашних работ и выполнение контрольных тестов по изучаемым темам является показателем для автоматического допуска к сдаче зачёта.

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Для получения оценки **зачтено** в четвертом семестре необходимо выполнить все следующие условия.

1. Набрать не менее 70% от максимальной оценки по каждому из текущих тестов в системе iDO ТГУ.

2. Предоставлять на проверку преподавателю конспекты самоподготовки к практическим занятиям.

3. Вовремя, согласно графику, выполнить все практические задания и получить за них не ниже 70% в системе iDO ТГУ. За отчет, сданный после срока, начисляются штрафные баллы.

4. Ответить на вопросы итогового теста за четвертый семестр не ниже 70%.

5. При условии выполнения пп. 1–4 на минимальный балл, в случае несогласия с пересчитанной оценкой, студент может исправить оценку, ответив устно на вопрос по билету.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Численные методы и математическое моделирование. Лекции (РФФ.Б.С.2 сем.). – URL: <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=687>

б) Численные методы в задачах радиотехники и электроники. Практикум 2 курс (РФФ.Б.С.2 сем.). – URL: <https://lms.tsu.ru/course/edit.php?id=2897>

в) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

г) План практических занятий по дисциплине, размещенные в электронном учебном курсе «Численные методы в задачах радиотехники и электроники. Практикум 2 курс (РФФ.Б.С.2 сем.)».

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, размещенные в электронных учебных курсах «Численные методы в задачах радиотехники и электроники. Практикум 2 курс (РФФ.Б.С.2 сем.)», «Численные методы и математическое моделирование. Лекции (РФФ.Б.С.2 сем.)» и в методическом пособии: Жуков А.А. Численные методы. Практикум. – Томск: ТГУ, 2007. – 220с.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Амосов А.А. Вычислительные методы: учебное пособие /А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова. Учебное пособие. – СПб.: Изд-во «Лань», 2022. – 672 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211463>
2. Численные методы: учебник и практикум для академического бакалавриата / У. Г. Пирумов; под ред. У. Г. Пирумова. – М.: Юрайт, 2022. – 421 с. – URL: <https://urait.ru/viewer/chislennyye-metody-488879>
3. Пименов В. Г. Численные методы в 2 ч. Ч. 1: учебное пособие для вузов / В. Г. Пименов. – М.: Юрайт, 2022. – 111 с. – URL: <https://urait.ru/viewer/chislennyye-metody-v-2-ch-ch-1-492872>
4. Пименов В. Г. Численные методы в 2 ч. Ч. 2: учебное пособие для вузов / В. Г. Пименов, А. Б. Ложников. – М.: Юрайт, 2022. – 107 с. – URL: <https://urait.ru/viewer/chislennyye-metody-v-2-ch-ch-2-492873>
5. Зализняк В. Е. Численные методы. Основы научных вычислений: учебник и практикум для вузов / В. Е. Зализняк. – М.: Юрайт, 2022. – 356 с. – URL: <https://urait.ru/viewer/chislennyye-metody-osnovy-nauchnyh-vychisleniy-468584>

б) дополнительная литература:

1. Зенков А. В. Численные методы: учебное пособие для вузов / А. В. Зенков. – М.: Юрайт, 2022. – 122 с. – URL: <https://urait.ru/viewer/chislennyye-metody-491582>
2. Квасов Б. И. Численные методы анализа и линейной алгебры. Использование Matlab и Scilab: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2022. – 328 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212234>
3. Киреев В.И. Численные методы в примерах и задачах / В.И. Киреев, А.В.Пантелеев. – СПб: Издательство Лань, 2022. – 448 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212063>

4. Плохотников К.Э. Вычислительные методы. Теория и практика в среде MATLAB: курс лекций. - М.: Изд-во "Горячая линия-Телеком", 2016. – 496 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/111087>
5. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей Изд. 7, испр. – М: ЛЕНАНД, 2019. 304 с. – URL: https://www.studmed.ru/view/myshkis-ad-elementy-teorii-matematicheskikh-modeley_f6a19267253.html

в) ресурсы сети Интернет:

- Математика ОНЛАЙН КАЛЬКУЛЯТОРЫ. – URL: <https://math24.biz/>
- Вычислительная математика. – URL: <https://math.semestr.ru/optim/computational-mathematics.php>
- Математика. Онлайн калькуляторы. – URL: <https://allcalc.ru/taxonomy/term/3>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office 2010 Russian Academic Open, Microsoft Windows Professional 7 Academic Open (Лицензия №47729022 от 26.11.2010)
- Пакет программного обеспечения PTC MathCad Education (Договор поставки №7193 от 14.10.2015).
- Пакет программного обеспечения MathWorks MATLAB Education (Договор поставки №7193 от 14.10.2015).
- Система программирования PascalABC.NET. – URL: <http://pascalabc.net/>
- SMath Studio. – URL: <https://ru.smath.com/>
- Scilab. – URL: <https://www.scilab.org/>
- GNU Octave. Scientific Programming Language. – URL: <https://www.octave.org/>
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ: <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- Электронно-библиотечная система Лань: <http://e.lanbook.com>
- Образовательная платформа Юрайт: <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Жуков Андрей Александрович, кандидат физ.-мат. наук, доцент, кафедра радиоэлектроники, доцент