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

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан ММФ ТГУ
Л.В.Гензе

Оценочные материалы по дисциплине

Численные методы
по направлению подготовки

01.03.01 Математика
02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки
Основы научно-исследовательской деятельности в области математики
Основы научно-исследовательской деятельности в области математики и компьютерных наук

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2023

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
Л.В.Гензе

Председатель УМК
Е.А.Тарасов

Томск – 2023

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 Способен находить или создавать, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике современный математический аппарат, математические модели и алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем в научно-исследовательской и (или) опытно-конструкторской деятельности в различных областях техники, естествознания, экономики и управления.

ОПК-3 Способен использовать методы физического моделирования, современное экспериментальное оборудование или специализированное программное обеспечение для проведения вычислительных экспериментов в профессиональной деятельности.

ОПК-7 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 2.1 Использует методы построения и анализа математических моделей в задачах естествознания, технике, экономике и управлении

ИОПК 2.2 Демонстрирует умение применять на практике математические модели и компьютерные технологии (в том числе с применением многопроцессорных систем) для решения различных задач в области профессиональной деятельности

ИОПК 2.3 Участвует в разработке математических моделей для решения задач естествознания, техники, экономики и управления под руководством более квалифицированного работника

ИОПК 3.1 Участвует в проведении эксперимента (физического, мысленного или компьютерного) на основе сформулированной с руководителем физической модели явления или модели из другой научной области

ИОПК 3.2 Владеет методами физического или компьютерного моделирования, методами планирования эксперимента, теорией подобия и размерностей

ИОПК 3.3 Анализирует полученные экспериментальные результаты

ИОПК 7.2 Демонстрирует умение отбора среди существующих математических методов, наиболее подходящих для решения конкретной прикладной задачи, в том числе с применением современных вычислительных систем

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

– индивидуальные задания. ИОПК 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 7.2.

Шестой семестр:

Индивидуальное задание №1.

Задача № 1. Найти с помощью интерполяции корень уравнения $f(x)=0$, если $f(0)=12$, $f(1)=4$, $f(2)=-4$; вычислить $z=30x$.

Задача № 2. Найти с помощью интерполяции корень уравнения $f(x)=0$, если $f(0)=5$, $f(2)=1$, $f'(0)=0$. Вычислить $z=x^4$.

Задача № 3. С помощью обратной интерполяции найти корень уравнения $f(x)=8$, если

$f(1)=0$, $f(3)=1$, $f(5)=2$. Вычислить $z=x^4$.

Задача № 4. Найти d,k,e такие, чтобы разность

$$-\frac{1}{3}f(x)-\frac{1}{5}f\left(x+\frac{1}{7}h\right)+df(x)+kf(x-eh)$$

имела максимальный порядок по h.

Для заданной функции y=f(x), $x\in[a,b]$, построить линейный и кубический сплайн. Оценить погрешность полученных приближений на каждом элементарном отрезке $[x_{i-1},x_i], i=\overline{1,n}$, где $a=x_0<x_1<\cdots<x_n=b$.

Вариант №1.

$a=0, \quad b=\pi; n=10; y=sin(x)$.

Вариант №2.

$a=-\dfrac{\pi}{2}, \quad b=\dfrac{\pi}{2}; n=10, y=cos(x)$.

Вариант №3.

$a=-1, b=1, n=10, y=1/(1+25x^2)$.

Вариант №4.

$a=-1, b=1, n=10, y=exp(x)$.

Индивидуальное задание №2.

1) Показать некорректность задачи численного дифференцирования на примере конечной разности:

а) $\frac{u_{j+1}-u_j}{h}$;

б) $\frac{u_{j+1}-u_{j-1}}{2h}$;

в) $\frac{u_j-u_{j-1}}{h}$;

д) $\frac{u_{j+1}-2u_j+u_{j-1}}{h^2}$.

2) Задана функция :

а) y=sin(x), x∈[0,1];

б) y=cos(x), x∈[0,1];

в) y=ln(x+2), x∈[0,1];

г) y=exp(-x), x∈[0,1]

в узлах сетки $\overline{\omega}_h=\{x_j \mid x_j=jh, j=\overline{0,n}\},\ n=10$.

Вычислить производную y' или y'' от таблично заданной функции с помощью формул численного дифференцирования на основе теории интерполирования и сравнить с точным значением.

Индивидуальное задание №3.

Вычислить определенный интеграл, используя одну из формул численного интегрирования:

a) Формулу Гаусса (для n=5, 6, 7 или 8); б) Ньютона-Котеса открытого (m=1) и замкнутого (m=0) типа (для n=5,6,7 или 8);

b) по одной из обобщенных формул с точностью ε : прямоугольников, трапеций, Симпсона.

Седьмой семестр:

Индивидуальное задание №1.

Решить задачу Коши для ОДУ первого порядка:

- одношаговым методом (Эйлера, трапеций или методом Рунге-Кутты высокого порядка

точности;
- экстраполяционным и интерполяционным методами Адамса;
- по правилу Рунге оценить погрешность одношагового метода и уточнить значения решения.

Индивидуальное задание №2.

Показать, является ли система ОДУ жесткой и найти ее численное решение каким-либо неявным методом. Экспериментально установить величину «пограничного слоя».

Индивидуальное задание №3.

Построить разностную схему, аппроксимирующую поставленную задачу для ОДУ второго порядка. Установить порядок аппроксимации и доказать корректность разностной задачи. Получить численное решение методом прогонки и показать его сходимость. Исследовать устойчивость метода прогонки.

Индивидуальное задание №4.

Решить краевую задачу для уравнения теплопроводности, используя явную (неявную) разностную схем. Исследовать погрешность аппроксимации, устойчивость и сходимость получающегося численного метода.

Решить методом сеток задачу Дирихле для уравнения Пуассона (Лапласа) в некоторой прямоугольной области **G**. Оценить погрешность аппроксимации соответствующей разностной схемы. Показать устойчивость и разрешимость.

Решить краевую задачу для волнового уравнения методом сеток. Установить порядок аппроксимации, исследовать устойчивость и сходимость разностной схемы.

Индивидуальное задание №5.

Найти приближенное решение интегрального уравнения Фредгольма 2-го рода методом квадратур с использованием одной из обобщенных формул: средних прямоугольников, трапеций, Симпсона.

Критерии оценивания:

Результаты каждого индивидуального задания определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется, если все задачи задания решены без ошибок.

Оценка «не зачтено» выставляется, если задачи задания решены с ошибками.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

<u>Зачет в шестом семестре</u> проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит шесть теоретических вопросов. Продолжительность зачета 1,5 часа. Билет проверяет ИОПК 2.1, ИОПК 2.2, ИОПК 2.3, ИОПК 3.1, ИОПК 3.2, ИОПК 3.3.

Примерный перечень теоретических вопросов, используемых в билетах на зачете:

1. Математическое моделирование. Основные этапы численного эксперимента на ПЭВМ. Триада: модель, метод, программа.
2. Составные части погрешности решения задач на ПЭВМ.
3. Требования к численным методам на современном этапе: точность, устойчивость, экономичность. Пример плохо обусловленной задачи.
4. Интерполяция и экстраполяция функции одной переменной. Общая постановка задачи интерполирования многочленами.
5. Теорема о существовании и единственности обобщенного интерполяционного многочлена.
6. Погрешность интерполирования. Теорема об оценке погрешности метода.
7. Разделенные разности и их свойства.
8. Построение многочлена Ньютона и оценка погрешности.
9. Построение кубического сплайна класса $\boldsymbol{C^2[a,b]}$.

10. Некорректность задачи численного дифференцирования. Характер поведения погрешности.
11. Основные подходы к построению формул численного интегрирования: интерполяционные квадратурные формулы;
12. Основные подходы к построению формул численного интегрирования: квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности; наилучшая оценка на классе функций.
13. Формула средних прямоугольников: построение, обобщение; оценка погрешности.
14. При ответе на вопрос оценивается полнота и точность ответа, логичность и аргументированность изложения материала, умение использовать в ответе фактический материал (Таблица 3).

Таблица 3. Система критериев при оценивании ответов на зачете

Критерии соответствия	Оценка
Содержание ответа являются полными. Студент правильно понимает терминологию. Демонстрирует умение понимать, доказательно и логически связно отвечать на вопросы.	зачтено
Неполное, логически противоречивое изложение ответов. Студент не понимает и неправильно использует терминологию. Не может доказательно и логически связно отвечать на вопросы.	не зачтено

Экзамен в седьмом семестре проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и одну задачу. Продолжительность экзамена 1,5 часа. ИОПК 2.1, ИОПК 2.2, ИОПК 2.3, ИОПК 3.1, ИОПК 3.2, ИОПК 3.3.

При проведении экзамена учитываются следующие факторы: посещаемость студентом семинаров, отсутствие на занятиях по неуважительной причине, выполнение заданий в срок, написание и защита отчетов по индивидуальным заданиям, ответ на вопрос в билете и на дополнительные вопросы.

Примерный перечень теоретических вопросов, используемых в билетах на экзамене.

1. Постановка задач для ОДУ (одно уравнение и системы уравнений) и примеры задач к ним сводящихся; классификация методов решения задачи Коши для ОДУ; пример плохо
обусловленной задачи.
2. Приближенный аналитический метод разложения решения в ряд Тейлора. Классификация численных методов решения задачи Коши для ОДУ: одношаговые, многошаговые, явные, неявные, с забеганием вперед.
3. Методы Рунге-Кутты построения одношаговых правил решения задачи Коши: рекуррентные формулы методов 1, 2, 3 порядков точности. Их геометрическая суть, локальная и глобальная погрешность методов. Обобщение методов Рунге-Кутты на случай систем ОДУ (на примере метода Эйлера).
4. Правило Рунге оценки главного члена погрешности и повышения точности расчетов (экстраполяция по Ричардсону), выбор шага интегрирования. Многошаговые методы решения задачи Коши: экстраполяционные формулы Адамса-Башфорта (явные); интерполяционные формулы Адамса-Моултона (неявные); формулы типа Коуэлла с забеганием вперед. (Вывод формул методов и получение вида остаточных членов. Организация вычислений).
5. Устойчивость численных методов решения задачи Коши.

6. Определение жесткой системы ОДУ. Пример жесткой системы и иллюстрация на нем основных проблем численного решения жестких систем. Специальные определения устойчивости численных методов решения жестких систем ОДУ.
7. Метод Гира как чисто неявный численный метод решения жестких уравнений: создание, обоснование, применение к решению задач.
8. Примеры краевых задач и методы их решения.
9. Основные понятия теории разностных схем: сетка (равномерная, неравномерная, подвижная) и способы её построения; сеточная функция; разностная схема; сходящаяся разностная схема; аппроксимация; устойчивость.
10. Теорема о связи аппроксимации и устойчивости со сходимостью.
11. Метод сеток для решения линейных краевых задач: построение разностной схемы методом конечных разностей; исследование погрешности аппроксимации; теорема «принцип максимума» и её следствия в применении к исследованию однозначной разрешимости разностной схемы; теорема сравнения и доказательство устойчивости разностной схемы; метод прогонки решения разностной задачи и его устойчивость.
12. Понятие о методе конечных элементов.
13. Интегро-интерполяционный метод (метод баланса) построения разностных схем на примере уравнения установившегося распределения температуры в стержне длины l.
14. Вариационные методы решения краевых задач для ОДУ: проекционный метод коллокации; интегральный метод наименьших квадратов; метод Галеркина.
15. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка.
16. Три типа граничных задач для уравнения эллиптического типа.
17. Метод сеток решения задачи Дирихле для уравнения Пуассона.
18. Методом неопределенных коэффициентов построить разностную схему с щаблоном «крест» для уравнения Лапласа.
19. Построение формулы Коллатца для численного решения задачи Дирихле для уравнения Пуассона.
20. Принцип максимума (минимума) применительно к уравнению эллиптического типа.
21. Уравнения параболического типа в частных производных. Три типа краевых задач.
22. Методом неопределенных коэффициентов построить схему с шаблоном треугольник для численного решения задачи Коши для уравнения теплопроводности.
23. Исследовать на устойчивость методом гармоник по начальным данным явную схему с шаблоном треугольник, аппроксимирующую уравнение теплопроводности.
24. Методом неопределенных коэффициентов построить схему с шаблоном перевернутый треугольник для численного решения задачи Коши для уравнения теплопроводности.
25. Исследовать на устойчивость методом гармоник по начальным данным неявную схему с шаблоном перевернутый треугольник, аппроксимирующую уравнение теплопроводности.
26. Третья краевая задача для уравнения теплопроводности. Использование неявной схемы (перевернутый треугольник). Метод прогонки.
27. Постановка краевых задач для волнового уравнения второго порядка.
28. Метод сеток решения задачи Коши для волнового уравнения. Об областях зависимости дифференциального уравнения и разностной схемы.
29. Постановка краевых задач для уравнения переноса первого порядка.О задании дополнительных граничных условий для разностных схем (уравнение переноса).
30. Анализ нормальных мод. Пояснить на примере.
31. Основные виды интегральных уравнений. Связь между дифференциальными уравнениями и интегральными уравнениями Фредгольма 2-го рода.

Примеры задач

1. Для заданной системы линейных алгебраических уравнений исследовать сходимость итерационного метода Якоби.
2. Определить, какое равенство точнее: а) 6/7 $\approx$ 0,857; $\sqrt{4{,}8} \approx 2{,}19$?
3. Построить многочлен Лагранжа для следующих исходных данных:

$$x_0 = -1; \quad x_1 = 0; \quad x_2 = 1;$$

$$f(x_0) = 3; \quad f(x_1) = 2; \quad f(x_2) = 5;$$

5. Написать формулу метода Ньютона для систем:

$$\begin{cases} \sin(x+y) - 1{,}3x = 0{,}1 \\ x^2 + y^2 = 1 \end{cases}$$

6. Оценить порядок аппроксимации следующих формул численного дифференцирования:

$$f''(x) \cong \frac{f(x+h) - 2f(x) + f(x-h)}{h^2}.$$

7. Вычислить $f''(0)$, если даны

$$f(-2h) = 1; \quad f(-h) = 3; \quad f(0) = -8; \quad f(h) = 3; \quad f(2h) = -1; \quad h = 1.$$

8. Дана система линейных алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей. Определить будет ли устойчивым метод прогонки для решения этой системы.

По ответам на вопросы на экзамене и по итогам защиты каждого индивидуального задания может быть поставлена максимальная оценка «отлично». При ответе на вопросы и защите отчетов оценивается полнота, точность, логичность и аргументированность изложения материала.

Таблица 1

Оценка	Критерии соответствия
отлично	Правильно и развернуто изложен материал каждого вопроса билета и отчета по индивидуальным заданиям соответствующего раздела. Студент полно, четко и логично излагает материал вопроса и защищаемый материал задания..
хорошо	Правильно изложен материал каждого вопроса и отчета по индивидуальным зданиям, но не весь материал изложен развернуто и логически структурировано.
удовлетворительно	В целом правильно изложен материал каждого вопроса и защищаемого отчета по заданию, но изложение носит поверхностный характер и с нарушением логики изложения.
неудовлетворительно	Материал ответа на каждый вопрос и защищаемых отчетов по заданиям представлен очень поверхностно и с нарушением логики изложения. Студент очень плохо владеет основными концепциями дисциплины. Допущены существенные терминологические и фактические ошибки.
неудовлетворительно	Неверно изложен материал на вопросы билета, каждый отчет по индивидуальным заданиям написан с грубыми ошибками или отчеты вообще не подготовлены к защите.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

1. Постановка задачи теории интерполирования.

2. Условия интерполяции.
3. Теорема о существовании и единственности интерполяционного многочлена.
4. Какая система функций $\{\varphi_i(x)\}$, $i=\overline{1,n}$, является системой Чебышева?
5. Алгебраическое интерполирование.
6. Тригонометрическое интерполирование.
7. Запишите формулу многочлена Лагранжа для случая n=2.
8. Запишите формулу многочлена Лагранжа для любого n.
9. Основной недостаток формулы интерполяционного многочлена Лагранжа.
10. Понятие разделенной разности первого порядка.
11. Понятие разделенной разности к-го порядка.
12. Основное свойство разделенной разности к-го порядка.
13. Связь между разделенной разностью (к+1)-го порядка и производной того же порядка.
14. По какой формуле оценивается погрешность метода интерполяционной формулы Лагранжа?
15. Какие множители и как влияют на величину остаточного члена интерполяционной формулы Лагранжа?
16. Схема Эйткена. Для чего применяется?
17. Запишите интерполяционную формулу Ньютона через разделенные разности.
18. $f(x_0;x_1;x_2;x_3)$. Какой порядок у этой разделенной разности?

а) 1, б) 2, в) 5, г) 3.
Правильный ответ – г).

19. Какой порядок у данной разделенной разности?

    $f(x_i;x_{i+1};x_{i+2})$;
    а) 0, б) 3, в) 2, г) 1.
    Правильный ответ – в).

20. Какой порядок у разделенной разности?

  $f(x_0,x_1,...,x_n)$.
    а) 1, б) n, в) 3, г) 0.
    Правильный ответ – б).

21. Построить таблицу разделенных разностей, n=3.
21. Понятие конечной разности 0-го и первого порядка.
22. Понятие конечной разности к-го порядка.
23. Построить таблицу конечных разностей, n=3,
24. О связи конечной разности к-го порядка с соответствующими значениями функции.
25. О связи конечной разности к-го порядка и соответствующей разделенной разностью.
26. Постановка задачи и вывод интерполяционной формулы для интерполирования вперед.
27. Постановка задачи и вывод интерполяционной формулы для интерполирования назад.
28. О сходимости интерполяционного процесса. Пример Рунге.
29. В каких случаях применяются интерполяционные многочлены, а в каких метод наилучшего среднеквадратичного приближения?
30. Определение линейного сплайна.
31. Определение дефекта сплайна.
32. Нахождение неизвестных коэффициентов линейного сплайна из условий интерполяции.
33. Определение кубического сплайна.
34. Определение интерполяционного кубического сплайна.
35. Определение интерполяционного сплайна степени n дефекта ν .
36. Кусочно-полиномиальный способ построения кубического сплайна. О задании дополнительных краевых условий.
37. О понятии момента кубического сплайна.
38. Понятие чертежного сплайна.
39. Постановка задачи численного дифференцирования.

40. Некорректность задачи численного дифференцирования.
41. Методы построения формул численного дифференцирования.
42. Случай равноотстоящих узлов. Применение интерполяционной формулы Лагранжа при вычислении производной первого порядка, n=2.
43. Случай равноотстоящих узлов. Применение интерполяционной формулы Лагранжа при вычислении производной второго порядка, n=2.
44. Случай неравноотстоящих узлов. Применение интерполяционной формулы Ньютона через разделенные разности при вычислении производной первого порядка, n=3.
45. Случай неравноотстоящих узлов. Применение интерполяционной формулы Ньютона через разделенные разности при вычислении производной второго порядка, n=3.
46. Случай равноотстоящих узлов. Методом неопределенных коэффициентов построить формулу для вычисления производной первого порядка, n=2.
47. Случай равноотстоящих узлов. Методом неопределенных коэффициентов построить формулу для вычисления производной второго порядка, n=2.
48. Случай равноотстоящих узлов. Оценка погрешности формулы, построенной методом неопределенных коэффициентов для вычисления производной первого порядка, n=2,
49. Случай равноотстоящих узлов. Оценка погрешности формулы, построенной методом неопределенных коэффициентов для вычисления производной второго порядка, n=2,
50. Случай равноотстоящих узлов. Оценка погрешности интерполяционной формулы Лагранжа, используемой при вычислении производной первого порядка, n=2.
51. Случай равноотстоящих узлов. Оценка погрешности интерполяционной формулы Лагранжа, используемой при вычислении производной второго порядка, n=2.
52. Классификация формул приближенного вычисления интегралов.
53. Интерполяционные квадратурные формулы. Идея построения формул этого типа.
54. Формула Ньютона-Котеса. Чем заменяется подинтегральная функция при построении этой формулы?
55. Какая делается замена, чтобы при построении формулы Ньютона-Котеса учесть как открытый, так и замкнутый тип одновременно?
56. Обобщенная формула прямоугольников (центральная) .
57. Идея оценки погрешности метода обобщенной центральной формулы прямоугольников.
58. Обобщенная формула трапеций.
59. Идея оценки погрешности метода обобщенной формулы трапеций.
60. Обобщенная формула Симпсона.
61. Формула Гаусса наилучшей степени точности. Свойства полинома Лежандра (три).
62. Определение формулы наилучшей степени точности к?
63. Какова наилучшая степень точности формулы Гаусса?

    а) n; б) n^2, в) $2n$; г) $2n-1$;

    Правильный ответ- г).
64. Построить формулу Гаусса для n=3.
65. Вывести формулу оценки погрешности центральной формулы прямоугольников, n=1,
66. Вывести формулу оценки погрешности формулы трапеций, n=2,
67. Вычисление несобственных интегралов. Метод усечения.Идея.
68. Три распространенных метода вычисления кратных интегралов. Назвать.
69. Метод повторного применения квадратурных формул при вычислении кратных интегралов. (На примере обобщенной формулы трапеций).
70. Правило Рунге оценки главного члена погрешности формул численного интегрирования.
71. Определение погрешности аппроксимации дифференциальной задачи некоторой разностной задачей.
72. Определение сходимости решения разностной краевой задачи к решению дифференциальной краевой залачи.

73. Определение устойчивости разностной схемы.
74. Теорема Лакса о связи аппроксимации, устойчивости и сходимости. Идея.
75. О выборе норм в пространстве сеточных функций.
76. Метод неопределенных коэффициентов построения разностных схем с заданным шаблоном. Показать на примере ОДУ первого порядка (задача Коши).
77. Явный и неявный методы Эйлера. О вычислениях по этим методам в случае решения задачи Коши.
78. Оценка погрешности аппроксимации явного метода Эйлера.
79. Оценка погрешности аппроксимации неявного метода Эйлера.
80. Постановка задачи Коши для ОДУ первого порядка.
81. Методы Рунге-Кутты решения задачи Коши для ОДУ первого порядка. Идея.
82. Понятие порядка точности метода Рунге-Кутты.
83. Об оценке погрешности метода Рунге-Кутты.
84. Вывести метод Эйлера (явный), как частный случай метода Рунге-Кутты.
85. Аналитический метод разложения решения в ряд Тейлора.
86. Многошаговые методы решения задачи Коши для ОДУ первого порядка. Экстраполяционный метод Адамса. Идея построения.
87. Многошаговые методы решения задачи Коши для ОДУ первого порядка. Интерполяционный метод Адамса. Идея построения.
88. Какая система ОДУ в случае постоянной матрицы называется жесткой?
89. Проверить на жесткость следующую систему ОДУ

$$\begin{cases} y' = z, \quad y(0) = 2, \\ z' = -100y - 101z, \quad z(0) = -2, \end{cases}$$

на промежутке [0.,1],

90. Определение области устойчивости численного метода.
91. Определение А-устойчивости численного метода.
92. Исследовать на А-устойчивость неявный метод Эйлера.
93. Исследовать на А-устойчивость неявный метод трапеций.
94. Исследовать на А-устойчивость явный метод Эйлера.
95. Определение А(α) устойчивости.
96. Какие методы применяются при численной реализации неявных методов решения жесткой системы ОДУ?
97. Как выбирается шаг интегрирования при численном решении жесткой системы, чтобы метод простой итерации сходился?
98. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка.
99. Три типа граничных задач для уравнения эллиптического типа.
100. Метод сеток решения задачи Дирихле для уравнения Пуассона.
101. Методом неопределенных коэффициентов построить разностную схему с щаблоном крест для уравнения Лапласа.
102. Построение формулы Коллатца для численного решения задачи Дирихле для уравнения Пуассона.
103. Принцип максимума (минимума) применительно к уравнению эллиптического типа.
104. Уравнения параболического типа в частных производных. Три типа краевых задач.
105. Метод сеток решения задачи Коши для уравнения теплопроводности с помощью явной разностной схемы треугольник.
106. Метод сеток решения задачи Коши для уравнения теплопроводности с помощью неявной разностной схемы перевернутый треугольник.
107. Метод сеток решения задачи Коши для уравнения теплопроводности с помощью явной разностной схемы крест.

108. Методом неопределенных коэффициентов построить схему с шаблоном треугольник для численного решения задачи Коши для уравнения теплопроводности.
109. Методом неопределенных коэффициентов построить схему с шаблоном перевернутый треугольник для численного решения задачи Коши для уравнения теплопроводности.
110. Методом неопределенных коэффициентов построить схему с шаблоном крест для численного решения задачи Коши для уравнения теплопроводности.
111. Исследовать методом гармоник на устойчивость по начальным данным явную схему с шаблоном треугольник, аппроксимирующую уравнение теплопроводности.
112. Исследовать методом гармоник на устойчивость по начальным данным неявную схему с шаблоном перевернутый треугольник, аппроксимирующую уравнение теплопроводности.
113. Исследовать методом гармоник на устойчивость по начальным данным явную схему с шаблоном крест, аппроксимирующую уравнение теплопроводности

Информация о разработчиках

Берцун Владимир Николаевич, к.ф.-м.н., доцент, каф. ВМиКМ, доцент
Михайлов Михаил Дмитриевич, каф. ВМиКМ, ст. преподаватель
Старченко Александр Васильевич, д.ф.-м.н., профессор, каф. ВМиКМ, зав. каф.