

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

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Оценочные материалы по дисциплине

Численные методы технической физики

по направлению подготовки

16.03.01 Техническая физика

Направленность (профиль) подготовки:

Компьютерное моделирование в инженерной теплофизике и аэрогидродинамике

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер, инженер-разработчик

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Ю.Н. Рыжих

Э.Р. Шрагер

А.Ю. Крайнов

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2025

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

БК-1 Способен применять общие и специализированные компьютерные программы при решении задач профессиональной деятельности.

ОПК-1 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных и общеинженерных дисциплин, применять методы математического моделирования, теоретических и экспериментальных исследований.

ОПК-8 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РОБК-1.1 Знает правила и принципы применения общих и специализированных компьютерных программ для решения задач профессиональной деятельности

РОБК-1.2 Умеет применять современные ИТ-технологии для сбора, анализа и представления информации; использовать в профессиональной деятельности общие и специализированные компьютерные программы

РООПК-1.1 Знает фундаментальные законы естественнонаучных и общеинженерных дисциплин и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять законы естественнонаучных и общеинженерных дисциплин и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

РООПК-8.1 Знает методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации

РООПК-8.2 Умеет решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

Контрольные работы.

Обеспечивают ОПК-1, ОПК-8, БК-1 (РОБК-1.1, РОБК-1.2, РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-8.1, РООПК-8.2)

Контрольная работа состоит из численного решения задачи двумя методами (определяется преподавателем), определением сеточной сходимости, проведением тесовых расчетов. Методы решения:

Решение краевой задачи методом «стрельбы».

Решение краевой задачи методом хорд.

Решение краевой задачи методом суперпозиции.

Решение краевой задачи методом Ньютона.

Решение краевой задачи методом конечных разностей.

Расчет теплопереноса в пластинках (плоских, цилиндрических, сферических, в том числе многослойных) в нестационарном случае при различных условиях теплообмена с окружающей средой при наличии источников тепла в пластинках с использованием явной схемы.

Расчет теплопереноса в пластинках (плоских, цилиндрических, сферических, в том числе многослойных) в нестационарном случае при различных условиях теплообмена с окружающей средой при наличии источников тепла в пластинках с использованием неявной схемы.

Примеры задач:

Решить краевые задачи:

1.1. Разработайте решение краевой задачи

$$\frac{d^2y}{dx^2} - xy = e^x, \quad 0 < x < 1, \quad \frac{dy(0)}{dx} = 1, \quad y(1) = 2$$

методом хорд (линейной интерполяцией).

1.2. Разработайте решение краевой задачи

$$\frac{d^3y}{dx^3} + x \frac{dy}{dx} - y = x^2, \quad 0 < x < 1, \quad y(0) = 0, \quad \frac{dy(0)}{dx} - \frac{d^2y(0)}{dx^2} = 1, \quad y(1) = 5 \text{ методом Ньютона.}$$

1.3. Разработайте решение краевой задачи

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{1}{x} \frac{dy}{dx} - x^2y = x + 1, \quad 0 < x < 1, \quad \frac{dy(0)}{dx} = 0, \quad \frac{dy(1)}{dx} + 2y(1) = 3 \text{ методом суперпозиции.}$$

1.4. Разработайте решение краевой задачи

$$\frac{d^3y}{dx^3} - x \frac{d^2y}{dx^2} + y = 0, \quad 0 < x < 1, \quad y(0) = 0, \quad y(1) = 2, \quad \frac{d^2y(1)}{dx^2} = 3, \quad y(1) = 5 \text{ методом Ньютона.}$$

1.5. Запишите разностную схему (с порядком аппроксимации $\square h^2$) решения краевой задачи

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{2}{x} \frac{dy}{dx} - e^xy = 0, \quad 0 < x < 1, \quad \frac{dy(0)}{dx} = 0, \quad y(1) = 4.$$

Решить задачу о нестационарной теплопроводности:

В задачах 2.1-2.5 численно решить задачу о распространении тепла в слое толщины l , которое описывается уравнением

$$\text{ср } \frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - \frac{2a}{R_0} (T - T_0) + Q(x,t)$$

при заданных начальных и граничных условиях и зависимости $Q(x,t)$.

2.1. $T(x,0) = T_0, T(0,t) = T_1, T(l,t) = T_2, Q(x,t) = \text{const}.$

Материал стенки – сталь. $a = \text{const}.$

2.2. $T(x,0) = T_0, \frac{\partial T(0,t)}{\partial x} = 0, T(l,t) = T_2, Q(x,t) = \text{const}.$

Материал стенки – сталь. $a = \text{const}.$

2.3. $T(x,0) = T_0, T(0,t) = T_1, \frac{\partial T(l,t)}{\partial x} = 0, Q(x,t) = \text{const}.$

Материал стенки – стекло. $a = \text{const}.$

2.4. $T(x,0) = T_0, T(0,t) = T_1, -l \frac{\partial T(l,t)}{\partial x} = a(T(l,t) - T_0),$

$$Q(x,t) = \text{const}.$$

Материал стенки – медь. $a = \text{const}.$

2.5. $T(x,0) = T_0, l \frac{\partial T(0,t)}{\partial x} = a(T(0,t) - T_0), T(l,t) = T_2,$

$$Q(x,t) = \text{const}.$$

Материал стенки – алюминий. $a = \text{const}.$

Критерии оценивания:

Результаты контрольной работы определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется, если все задача решена без ошибок, возможно с некоторыми недочетами.

Оценка «не зачтено» выставляется, если не задача не решена, или решена с ошибками.

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

Экзамен проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Понятие аппроксимации. Определение порядка аппроксимации уравнения теплопроводности на трехточечном шаблоне.
2. Явная схема для уравнения теплопроводности с постоянным коэффициентом теплопроводности. Анализ устойчивости.
3. Неявная схема для уравнения теплопроводности с постоянным коэффициентом теплопроводности. Анализ устойчивости.
4. Схема с весами для уравнения теплопроводности с постоянным коэффициентом теплопроводности. Анализ устойчивости.
5. Явная схема для уравнения теплопроводности с переменным коэффициентом теплопроводности. Анализ устойчивости.
6. Неявная схема для уравнения теплопроводности с переменным коэффициентом теплопроводности. Анализ устойчивости.
7. Метод прогонки для численного решения уравнения теплопроводности с переменным коэффициентом теплопроводности.
8. Аппроксимация неоднородных граничных условий II и III рода для задачи теплопроводности с порядком аппроксимации $o(h)$ и $o(h^2)$.
9. Явная схема для уравнения конвекции-теплопроводности с постоянным коэффициентом теплопроводности. Анализ устойчивости.
10. Неявная схема для уравнения конвекции-теплопроводности с постоянным коэффициентом теплопроводности. Анализ устойчивости.
11. Разностная схема метода Эйлера, определение погрешности этого метода. Метод Эйлера для системы уравнений.
12. Постановка краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка. Метода Рунге-Кутты для системы уравнений.
13. Постановка краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка. Метод суперпозиции. Реализация этого метода (пошагово).

Перечень вопросов к экзамену составлен с учетом, что они содержат проверку освоения компетенций ОПК-1, ОПК-8, БК-1, а также РОБК-1.1, РОБК-1.2, РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-8.1, РООПК-8.2 обучающимся.

Билет к экзамену состоит из двух вопросов из перечня.

Примеры билетов к экзамену:

Билет № 1

1. Разностная схема метода Эйлера, определение погрешности этого метода. Метод Эйлера для системы уравнений.
2. Понятие аппроксимации. Определение порядка аппроксимации уравнения теплопроводности на трехточечном шаблоне.

Билет № 2

1. Постановка краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка. Метода Рунге-Кутты для системы уравнений.
2. Явная схема для уравнения теплопроводности с постоянным коэффициентом теплопроводности. Анализ устойчивости.

Билет № 3

1. Постановка краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка. Граничные условия I, II, III рода.
2. Неявная схема для уравнения теплопроводности с постоянным коэффициентом теплопроводности. Анализ устойчивости.

Билет № 4

1. Постановка краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка. Метод суперпозиции. Реализация этого метода (пошагово).
2. Схема с весами для уравнения теплопроводности с постоянным коэффициентом теплопроводности. Анализ устойчивости.

Билет № 5

1. Постановка краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка. Метод прогонки.
2. Явная схема для уравнения теплопроводности с переменным коэффициентом теплопроводности. Анализ устойчивости.

Билет № 6

1. Постановка краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка. Метод конечных разностей. Порядок точности этого метода.
2. Неявная схема для уравнения теплопроводности с переменным коэффициентом теплопроводности. Анализ устойчивости.

Билет № 7

1. Разностная схема метода Эйлера, определение погрешности этого метода. Метод Эйлера для системы уравнений.
2. Метод прогонки для численного решения уравнения теплопроводности с переменным коэффициентом теплопроводности.

Критерии оценивания:

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется, если даны правильные ответы на все теоретические вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, если ответы на вопросы даны с небольшими недочетами.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если ответ на один из вопросов дан полностью или с небольшими недочетами, на второй вопрос ответ не верный.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если даны неправильные ответы на все вопросы экзаменационного билета.

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

1. Понятие аппроксимации.
2. Понятие устойчивости.
3. Разностная аппроксимация первой производной функции.
4. Разностная аппроксимация второй производной функции.
5. Явная схема для уравнения теплопроводности с постоянным коэффициентом теплопроводности
6. Неявная схема для уравнения теплопроводности с постоянным коэффициентом теплопроводности.

7. Метод прогонки для численного решения уравнения теплопроводности.
8. Разностная схема метода Эйлера.
9. Метод Рунге-Кутты для системы уравнений.
10. Постановка краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка.

Критерии оценивания: считается выполненным, если дан верный ответ на 1 теоретический вопрос (исчерпывающий и/или с небольшими неточностями).

Информация о разработчиках

Крайнов Алексей Юрьевич, д.ф.-м.н., заведующий кафедрой математической физики ФТФ ТГУ