

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ВМ и ПИТ



Леденева Т.М.

23.03.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.07 Современные алгоритмы вычислительной математики**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

01.04.02 Прикладная математика и информатика

**2. Профиль подготовки/специализация:** Математические основы и программирование компьютерной графики, информационные технологии в экономической деятельности, компьютерные технологии в задачах математической физики, оптимизации и управления, математическое и программное обеспечение информационных систем

**3. Квалификация выпускника:** магистр

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра вычислительной математики и прикладных информационных технологий

**6. Составители программы:** Корзунина В.В., к.т.н., доцент

**7. Рекомендована:** научно-методическим советом факультета ПММ 22.03.2024, протокол №5

**8. Учебный год:** 2024-2025      **Семестр:** 1

**9. Цели и задачи учебной дисциплины**

Цель изучения дисциплины «Современные алгоритмы вычислительной математики» – дать студентам глубокие знания о современных алгоритмах численных методов, а также способах их исследования в вычислительном эксперименте применительно к анализу и синтезу моделируемых систем.

Задачи курса: ознакомление студентов с основными математическими постановками вычислительных задач линейной алгебры, освоение студентами современных алгоритмов линейной алгебры, освоение студентами базовых технологий метода конечных элементов, освоение студентами современных алгоритмов решения краевых задач.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина «Современные алгоритмы вычислительной математики» входит в блок Б1 обязательной части программы магистратуры и изучается в 1 семестре. Изучение данного курса должно

базироваться на знании студентами материала дисциплин «Информатика и программирование», «Алгебра», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Численные методы», изучаемых в рамках программы подготовки бакалавра по направлениям физико-математических наук.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-3	Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.2	Применяет технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента для проведения комплексного исследования научной или технической проблемы	Знать: современные методы и алгоритмы вычислительной математики  Уметь: применять технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента при исследовании научных или технических проблем в области вычислительной математики  Владеть: навыками применения методов и алгоритмов вычислительной математики при проведении научного исследования
		ОПК 3.3	Разрабатывает методы для оценки качества и адекватности математических моделей	Знать: универсальные методы вычислительной математики для решения практических задач, методы оценки качества составленных моделей, их достоинства и недостатки  Уметь: применять на практике методы оценки качества математических моделей, современные методы вычислительной математики, модифицировать их адекватно поставленной цели  Владеть: навыками применения и модификации современных алгоритмов вычислительной математики и алгоритмов оценки адекватности составленных моделей

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час** 4/144

**Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) экзамен**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		1 семестр	2 семестр
Контактная работа			
в том числе:	лекции	32	32
	практические	0	0
	лабораторные	16	16
	курсовая работа		
Самостоятельная работа	60	60	
Промежуточная аттестация	36	36	
Итого:	144	144	

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Введение	Цель и задачи изучения современных алгоритмов вычислительной математики	Современные алгоритмы вычислительной математики (магистры)
1.2	Методы линейной алгебры	Общая тактика решений систем линейных алгебраических уравнений. Решение систем линейных алгебраических уравнений большой размерности. Компактные схемы хранения. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений с разреженными матрицами	Современные алгоритмы вычислительной математики (магистры)
1.3	Метод конечных элементов	Функции формы, формирование ансамблей	Современные алгоритмы вычислительной математики (магистры)
1.4	Методы триангуляции	Матрицы смежности, минимизация ширины ленты разрешающей системы уравнений	Современные алгоритмы вычислительной математики (магистры)
1.5	Методы решения краевых задач	Метод конечных элементов для решения эллиптических задач	Современные алгоритмы вычислительной математики (магистры)
<b>2. Лабораторные занятия</b>			
2.1	Методы линейной алгебры	Решение систем линейных алгебраических уравнений большой размерности. Компактные схемы хранения.	Современные алгоритмы вычислительной математики (магистры)
2.2	Метод конечных элементов	Матрицы смежности, минимизация ширины ленты разрешающей системы уравнений	Современные алгоритмы вычислительной математики (магистры)
2.3	Методы триангуляции	Минимизация ширины ленты разрешающей системы уравнений	Современные алгоритмы вычислительной математики (магистры)

<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=30312>

	Методы решения краевых задач	Методы конечных элементов для решения эллиптических задач	Современные алгоритмы вычислительной математики (магистры)
--	------------------------------	---	--

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение	2	0	0	2	4
2	Методы линейной алгебры	8	0	4	14	26
3	Метод конечных элементов	8	0	4	14	26
4	Методы триангуляции	6	0	4	15	25
5	Методы решения краевых задач	8	0	4	15	27
Итого:		32	0	16	60	108

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Количество часов, отведенных для лекционного курса, не позволяет реализовать в лекциях всей учебной программы. Исходя из этого, каждый лектор создает свою тематику лекций, которую в устной или письменной форме представляет студентам при первой встрече. Важно студенту понять, что лекция есть своеобразная творческая форма самостоятельной работы. Надо пытаться стать активным соучастником лекции: думать, сравнивать известное с вновь получаемыми знаниями.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

Работая с литературой по теме занятий, делайте выписки текста, содержащего характеристику или комментарии уже знакомого Вам источника. Умение работать с литературой означает научиться осмысленно пользоваться источниками. Прежде чем приступить к освоению научной литературы, рекомендуется чтение учебников и учебных пособий.

При подготовке к экзамену следует в полной мере использовать лекционный материал и академический курс учебника, рекомендованного преподавателем.

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Петров, И. Б. Введение в вычислительную математику : учебное пособие / И. Б. Петров, А. И. Лобанов. — 2-е изд. — Москва : ИНТУИТ, 2016. — 351 с. Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/100737">https://e.lanbook.com/book/100737</a>
2	Блатов, И. А. Вычислительная математика : учебное пособие / И. А. Блатов, О. В. Старожилова. — Самара : ПГУТИ, 2017. — 205 с. Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/182330">https://e.lanbook.com/book/182330</a>
3	Демидович Б. П. Основы вычислительной математики : учеб. пособие / Б. П. Демидович, И. А. Марон. — Москва : Лань, 2011. — 664 с. Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/2025">https://e.lanbook.com/book/2025</a>
4	Амосов А. А. Вычислительные методы / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Колченова. — Москва : Лань, 2014. — 672 с. Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/42190">https://e.lanbook.com/book/42190</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Рябенький В. С. Введение в вычислительную математику : учеб. пособие для студ. вузов / В. С. Рябенький. — Москва : Физматлит, 2008. — 284 с.

2	Фаддеев Д. К. Вычислительные методы линейной алгебры : учебник / Д. К. Фаддеев, В. Н. Фаддеева. — Санкт-Петербург : Лань, 2002. — 733 с.
3	Бате К.-Ю. Методы конечных элементов / К.-Ю. Бате. — Москва : Физматлит, 2010. — 1022 с.
4	Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд. — Москва : Мир, 1979. — 392 с.
5	Райс Дж. Матричные вычисления и математическое обеспечение / Дж. Райс. — Москва : Мир, 1984. — 264 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> — Зональная научная библиотека ВГУ
2.	Котович А. В. Решение задач теплопроводности методом конечных элементов / А. В. Котович, И. В. Станкевич. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. — 88 с. Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=256805">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=256805</a>
3.	Котович А. В. Решение задач теории упругости методом конечных элементов / А. В. Котович, И. В. Станкевич. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. — 112 с. Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=257610">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=257610</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Корзунина В. В. Лабораторный практикум по численным методам : учеб. пособие. Ч. 1 : Теория / В. В. Корзунина, З. А. Шабунина. — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2011. Режим доступа: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m11-139.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m11-139.pdf</a>
2	Корзунина В. В. Лабораторный практикум по численным методам : учеб. пособие. Ч. 2 : Индивидуальные задания / В. В. Корзунина, З. А. Шабунина. — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2011. Режим доступа: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m11-140.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m11-140.pdf</a>
3	Современные алгоритмы вычислительной математики (магистры) / В. В. Корзунина. — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: <a href="https://edu.moodle.ru">https://edu.moodle.ru</a> .

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации учебной дисциплины используются информационные электронно-образовательные ресурсы [www.lib.vsu.ru](http://www.lib.vsu.ru) и <https://e.lanbook.com>. Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Для организации занятий рекомендован онлайн-курс «Современные алгоритмы вычислительной математики (магистры)», размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также интернет-ресурсы, приведенные в п.15в

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины: Учебная аудитория: специализированная мебель, компьютер (ноутбук), мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения), доска (меловая или маркерная), ОС Windows 8 (10), ПО Adobe Reader.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Методы линейной алгебры	ОПК-3	ОПК-3.2 ОПК-3.3	Лабораторная работа
2.	Метод конечных элементов	ОПК-3	ОПК-3.2 ОПК-3.3	Лабораторная работа
3	Методы триангуляции	ОПК-3	ОПК-3.2	Лабораторная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
			ОПК-3.3	
4	Методы решения краевых задач	ОПК-3	ОПК-3.2 ОПК-3.3	Лабораторная работа Контрольная работа
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Перечень вопросов Практическое задание

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: контрольная работа и лабораторные работы.

#### *Пример варианта контрольной работы*

1. Для линейного треугольного элемента с узлами  $i(1,1)$ ,  $j(0,1)$ ,  $k(1,0)$  построить функцию формы  $N_j(x,y)$ .

2. Для дифференциальной задачи

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = x^2 - 2, \quad 0 \leq x \leq 2, \quad 0 \leq y \leq 1,$$

$$U(0, e) = 2, \quad 0 \leq y \leq 1$$

$$\frac{\partial U}{\partial e}(x, 1) = 0, \quad 0 \leq x \leq 2$$

$$\frac{\partial U}{\partial x}(0, y) + 2U(0, y) = 3, \quad 0 \leq y \leq 1$$

сформулировать вариационную постановку.

3. Прямоугольная область регулярным образом разбита на прямоугольники, в которых проведена диагональ «северо-запад – юго-восток». Количество точек на сторонах  $N_X$ ,  $N_Y$ . Определить ширину ленты после перенумерации согласно алгоритму Катхилла-Маки, если перенумерация начинается с «юго-восточного» угла прямоугольной области.

#### *Лабораторные работы*

1. Решение плоской стационарной задачи теплопроводности в прямоугольной области методом конечных элементов. Методом конечных элементов численно реализовать решение уравнения теплопроводности с граничными условиями Дирихле (на границе заданы значения искомой функции). Уравнение решается в прямоугольной области, которая регулярным образом разбивается на прямоугольники с диагоналями «юго-запад – северо-восток». Функции формы в МКЭ берутся линейными, при численном интегрировании используются схема второго порядка точности. Полученное распределение температуры выводят в файл и представляется графически (тональное раскрашивание).

2. Решение плоской стационарной задачи теплопроводности в прямоугольной области методом конечных элементов. Методом конечных элементов численно реализовать решение уравнения теплопроводности с граничными условиями Дирихле (на границе заданы значения искомой функции). Уравнение решается в прямоугольной области, которая регулярным образом разбивается на прямоугольники с диагоналями «северо-запад – юго-восток». Функции формы в МКЭ берутся линейными, при численном интегрировании используются схема второго порядка точности. Полученное распределение температуры выводится в файл и представляется графически (тональное раскрашивание).

3. Решение плоской нестационарной задачи теплопроводности в прямоугольной области методом конечных элементов. Методом конечных элементов численно реализовать решение уравнения теплопроводности с граничными условиями Дирихле (на границе заданы значения искомой функции). Уравнение решается в прямоугольной области, которая регулярным образом разбивается на прямоугольники с диагоналями «северо-запад – юго-восток». Функции формы в МКЭ берутся линейными, при решении системы обыкновенных дифференциальных уравнений воспользоваться неявным методом Эйлера. Полученное распределение температуры выводится в файл и представляется графически (тональное раскрашивание).

4. Решение плоской нестационарной задачи теплопроводности в прямоугольной области методом конечных элементов. Методом конечных элементов численно реализовать решение уравнения теплопроводности с граничными условиями Дирихле (на границе заданы значения искомой функции). Уравнение решается в прямоугольной области, которая регулярным образом разбивается на прямоугольники с диагоналями «северо-запад – юго-восток». Функции формы в МКЭ берутся линейными, при решении системы обыкновенных дифференциальных уравнений воспользоваться методом Эйлера с усреднением. Полученное распределение температуры выводится в файл и представляется графически (тональное раскрашивание).

5. Решение плоской стационарной задачи теплопроводности в односвязной области произвольной формы. Численно реализовать метод конечных элементов для решения уравнения Пуассона с граничными условиями Дирихле в плоской односвязной области произвольной геометрической формы, триангуляция которой известна. Входными данными считать матрицу смежности рассматриваемой области, координаты узлов, значения температуры в граничных точках. Функции формы считать линейными. Предусмотреть графическое представление данных (тональное раскрашивание области).

6. Решение плоской стационарной задачи теплопроводности в односвязной области произвольной формы. Численно реализовать метод конечных элементов для решения уравнения Пуассона с граничными условиями Дирихле в плоской односвязной области произвольной геометрической формы, триангуляция которой известна. Входными данными считать матрицу смежности рассматриваемой области, координаты узлов, значения температуры в граничных точках. Функции формы считать линейными. Предусмотреть графическое представление данных в виде линий уровня, количество которых задаётся пользователем.

7. Решение линейных систем уравнений с прямоугольными матрицами. Численно реализовать метод решения переопределённых систем уравнений с использованием QR-разложения матриц.

8. Решение линейных систем уравнений с прямоугольными матрицами. Численно реализовать метод решения переопределённых систем уравнений с использованием сингулярного разложения матриц.

9. Определение стационарного 2D-поля температур МКЭ. Численно реализовать МКЭ для определения поля температур в 2D области произвольной геометрической формы. Границы области задаются дискретным набором точек с известными значениями температуры. Триангуляция области строится в зависимости от значения характерной длины звена ломаной, аппроксимирующей границу. Характерная длина задаётся пользователем. Функции формы в МКЭ берутся линейными. Разработать средства визуализации полученного решения.

10. Триангуляция плоской области. Для плоской односвязной области реализовать метод триангуляции «выравнивание - выемка». Граница области задаётся набором точек, расположенных в порядке следования вдоль границы против часовой стрелки. После первоначального разбиения на треугольные элементы провести итерационную обработку значений координат узлов. Количество итерационных обработок задаётся пользователем. Предусмотреть визуализацию полученного решения.

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: собеседование по экзаменационным билетам.

### Перечень вопросов для промежуточной аттестации:

**ОПК-3 Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности**

#### Вопросы с вариантами ответов

Критерий оценивания	Шкала оценок
Верный ответ	1 балл
Неверный ответ	0 баллов

1. Линейный треугольный элемент задан узлами  $i(0,0), j(1,0), k(0,1)$ . Чем равна функция формы  $N_i$ ?

Варианты:

1.  $N_i = x$
2.  $N_i = y$
3.  $N_i = 1 - x - y$

Ответ: 3

2. Линейный треугольный элемент задан узлами  $i(0,0), j(1,0), k(0,1)$ . Чем равна функция формы  $N_j$ ?

Варианты:

1.  $N_j = x$
2.  $N_j = y$

$$3. \ N_j = 1 - x - y$$

Ответ: 1

3. Линейный треугольный элемент задан узлами  $i(0,0), j(1,0), k(0,1)$ . Чем равна функция формы  $N_k$ ?

Варианты:

1.  $N_k = x$
2.  $N_k = y$
3.  $N_k = 1 - x - y$

Ответ: 2

4. Линейный треугольный элемент задан узлами  $i, j, k$ . Чему равны L-координаты в узле  $i$ ?

Варианты:

1.  $(1,0,0)$
2.  $(0,1,0)$
3.  $(0,0,1)$
4.  $(1,1,1)$

Ответ: 1

5. Линейный треугольный элемент задан узлами  $i, j, k$ . Чему равны L-координаты в узле  $j$ ?

Варианты:

1.  $(1,0,0)$
2.  $(0,1,0)$
3.  $(0,0,1)$
4.  $(1,1,1)$

Ответ: 2

6. Линейный треугольный элемент задан узлами  $i, j, k$ . Чему равны L-координаты в узле  $k$ ?

Варианты:

1.  $(1,0,0)$
2.  $(0,1,0)$
3.  $(0,0,1)$
4.  $(1,1,1)$

Ответ: 3

7. Линейный треугольный элемент задан узлами  $i, j, k$ . Чему равна координата  $L_3$  вдоль стороны  $ij$ ?

Варианты:

1. 1
2. 0
3.  $\frac{1}{2}$

Ответ: 2

8. Линейный треугольный элемент задан узлами  $i, j, k$ . Чему равна координата  $L_2$  вдоль стороны  $ki$ ?

Варианты:

1. 1
2. 0
3.  $\frac{1}{2}$

Ответ: 2

9. Линейный треугольный элемент задан узлами  $i, j, k$ . Чему равна координата  $L_1$  вдоль стороны  $jk$ ?

Варианты:

1. 1
2. 0
3.  $\frac{1}{2}$

Ответ: 2

10. В любой точке линейного треугольного конечного элемента сумма  $L_1 + L_2 + L_3$  равна:

Варианты:

1. 0
2. 1
3. площадь треугольника

Ответ: 2

11. В любой точке квадратичного треугольного конечного элемента сумма  $L_1 + L_2 + L_3$  равна:

Варианты:

1. 0
2. 1
3. площадь треугольника

Ответ: 2

12. В любой точке кубического треугольного конечного элемента сумма  $L_1 + L_2 + L_3$  равна:

Варианты:

1. 0

2. 1
3. площадь треугольника

Ответ: 2

13. Сколько узлов имеет квадратичный треугольный конечный элемент?

Варианты:

1. 3 узла
2. 4 узла
3. 6 узлов

Ответ: 3

14. Сколько узлов имеет кубический треугольный конечный элемент?

Варианты:

1. 6 узлов
2. 9 узлов
3. 10 узлов

Ответ: 3

15. Функция формы  $N_i(x, y)$  линейного треугольного элемента имеет вид

$$N_i = \frac{1}{2S} (a_i + b_i x + c_i y), \text{ где } a_i = x_j y_k - y_j x_k, \quad b_i = y_j - y_k, \quad c_i = -x_j + x_k,$$

$S$  – площадь треугольника

Функции формы  $N_j(x, y), N_k(x, y)$  определяются аналогично циклической перестановкой индексов. Справедливо ли утверждение  $b_i + b_j + b_k = 0$ ?

Варианты:

1. да
2. нет

Ответ: 1

16. Функция формы  $N_i(x, y)$  линейного треугольного элемента имеет вид

$$N_i = \frac{1}{2S} (a_i + b_i x + c_i y), \text{ где } a_i = x_j y_k - y_j x_k, \quad b_i = y_j - y_k, \quad c_i = -x_j + x_k,$$

$S$  – площадь треугольника

Функции формы  $N_j(x, y), N_k(x, y)$  определяются аналогично циклической перестановкой индексов. Справедливо ли утверждение  $c_i + c_j + c_k = 0$ ?

Варианты:

1. да

2. нет

Ответ: 1

17. Функция формы  $N_i(x, y)$  линейного треугольного элемента имеет вид

$$N_i = \frac{1}{2S} (a_i + b_i x + c_i y), \text{ где } a_i = x_j y_k - y_j x_k, \quad b_i = y_j - y_k, \quad c_i = -x_j + x_k,$$

$S$  — площадь треугольника

Функции формы  $N_j(x, y), N_k(x, y)$  определяются аналогично циклической перестановкой индексов. Справедливо ли утверждение  $a_i + a_j + a_k = 2S$ ?

Варианты:

1. да
2. нет

Ответ: 1

18. Справедливо ли утверждение, что в любой точке  $(x, y)$  линейного треугольного конечного элемента выполняется равенство

$$x = N_i(x, y) * x_i + N_j(x, y) * x_j + N_k(x, y) * x_k ?$$

Здесь  $N_i(x, y), N_j(x, y), N_k(x, y)$  — функции формы треугольного элемента.

Варианты:

1. да
2. нет

Ответ: 1

19. Справедливо ли утверждение, что в любой точке  $(x, y)$  линейного треугольного конечного элемента выполняется равенство

$$y = N_i(x, y) * y_i + N_j(x, y) * y_j + N_k(x, y) * y_k ?$$

Здесь  $N_i(x, y), N_j(x, y), N_k(x, y)$  — функции формы треугольного элемента.

Варианты:

1. да
2. нет

Ответ: 1

20. Справедливо ли утверждение, что в любой точке  $(x, y)$  линейного треугольного конечного элемента выполняется равенство

$$x = L_1(x, y) * x_i + L_2(x, y) * x_j + L_3(x, y) * x_k ?$$

Здесь  $L_1(x, y), L_2(x, y), L_3(x, y)$  — L-координаты треугольного конечного элемента.

Варианты:

1. да
2. нет

Ответ: 1

21. Справедливо ли утверждение, что в любой точке  $(x, y)$  линейного треугольного конечного элемента выполняется равенство

$$y = L_1(x, y) * y_i + L_2(x, y) * y_j + L_3(x, y) * y_k?$$

Здесь  $L_1(x, y), L_2(x, y), L_3(x, y)$  — L-координаты треугольного конечного элемента.

Варианты:

1. да
2. нет

Ответ: 1

22. Справедливо ли утверждение, что в любой точке  $(x, y)$  квадратичного треугольного конечного элемента выполняется равенство

$$x^2 = N_1(x, y) * x_1^2 + N_2(x, y) * x_2^2 + \dots + N_6(x, y) * x_6^2?$$

Здесь  $N_1(x, y), N_2(x, y), \dots, N_6(x, y)$  — функции формы.

Варианты:

1. да
2. нет

Ответ: 1

23. Справедливо ли утверждение, что в любой точке  $(x, y)$  квадратичного треугольного конечного элемента выполняется равенство

$$y^2 = N_1(x, y) * y_1^2 + N_2(x, y) * y_2^2 + \dots + N_6(x, y) * y_6^2?$$

Здесь  $N_1(x, y), N_2(x, y), \dots, N_6(x, y)$  — функции формы.

Варианты:

1. да
2. нет

Ответ: 1

24. Справедливо ли утверждение, что в любой точке  $(x, y)$  квадратичного треугольного конечного элемента выполняется равенство

$$xy = N_1(x, y) * x_1y_1 + N_2(x, y) * x_2y_2 + \dots + N_6(x, y) * x_6y_6?$$

Здесь  $N_1(x, y), N_2(x, y), \dots, N_6(x, y)$  — функции формы.

Варианты:

1. да
2. нет

Ответ: 1

25. Справедливо ли утверждение, что в любой точке  $(x, y)$  квадратичного треугольного конечного элемента выполняется равенство

$$x = N_1(x, y) * x_1 + N_2(x, y) * x_2 + \dots + N_6(x, y) * x_6?$$

Здесь  $N_1(x, y), N_2(x, y), \dots, N_6(x, y)$  — функции формы.

Варианты:

1. да
2. нет

Ответ: 1

#### **Вопросы с кратким текстовым ответом**

Критерий оценивания	Шкала оценок
Должен быть сформулирован ответ из указанных вариантов (один или несколько) или аналогичные по сути ответы с альтернативными терминами и определениями	2 балла
Неверный ответ	0 баллов

2 — верный ответ

0 — неверный ответ

1. Линейный треугольник имеет узлы  $i(5,1), j(6,4), k(2,5)$ . Верно ли утверждение, что функция формы  $N_i(x, y)$  равна  $(22 - x - 4y)/14$ ?

Ответ: нет.

2. Линейный треугольник имеет узлы  $i(5,1), j(6,4), k(2,5)$ . Верно ли утверждение, что функция формы  $N_j(x, y)$  равна  $(-23 + 4x + 3y)/13$ ?

Ответ: да.

3. Линейный треугольник имеет узлы  $i(5,1), j(6,4), k(2,5)$ . Верно ли утверждение, что функция формы  $N_k(x, y)$  равна  $(14 - 3x + y)/13$ ?

Ответ: да.

4. Квадратичный треугольный элемент с вершинами  $i, j, k$  имеет локальную нумерацию узлов против часовой стрелки, начинающуюся с  $i$ -го узла. Верно ли утверждение, что функция формы  $N_1(L_1, L_2)$  равна  $L_1(2L_1 - 1)$ ?

Ответ: да.

5. Квадратичный треугольный элемент с вершинами  $i, j, k$  имеет локальную нумерацию узлов против часовой стрелки, начинающуюся с  $i$ -го узла. Верно ли утверждение, что функция формы  $N_2(L_1, L_2)$  равна  $4L_1L_1$ ?

Ответ: нет.

6. Квадратичный треугольный элемент с вершинами  $i, j, k$  имеет локальную нумерацию узлов против часовой стрелки, начинающуюся с  $i$ -го узла. Верно ли утверждение, что функция формы  $N_3(L_1, L_2)$  равна  $L_3(2L_3 - 1)$ ?

Ответ: нет.

7. Квадратичный треугольный элемент с вершинами  $i, j, k$  имеет локальную нумерацию узлов против часовой стрелки, начинающуюся с  $i$ -го узла. Верно ли утверждение, что функция формы  $N_4(L_1, L_2)$  равна  $4L_2L_3$ ?

Ответ: да.

8. Сколько узлов должен иметь треугольный элемент третьего порядка?

Ответ: 10 узлов

9. Рассмотрим краевую задачу для обыкновенного дифференциального уравнения

$$\begin{cases} y'' - x^2y - f(x) = 0, x \in [0,1] \\ y'_0 - 2y_0 = 0 \\ y'_1 + 2y_1 = 0 \end{cases}$$

Что означает в контексте решения краевой задачи функционал вида

$$J(y) = \int_0^1 [y'^2 + x^2y + 2fy] dx + 2y_1^2 + 2y_0^2?$$

Ответ: функционал, минимум которого достигается на решении указанной краевой задачи.

10. Выписать первую строку матрицы теплопроводности для линейного треугольного элемента с узлами  $i(1/2, 1/2), j(0,1), k(0,0)$ .

Ответ: 1, -0.5, -0.5

#### **Описание технологии проведения:**

Текущая аттестация проводится на занятии одновременно во всей учебной группе в виде теста в электронной образовательной среде «Электронный университет ВГУ». Тест составляется из материалов ФОСа, формируется системой автоматически путём добавления случайных вопросов, количество которых соответствует имеющимся образцам билетов. Большая часть вопросов проверяется автоматически, проверки

преподавателем с ручным оцениванием требуют только отдельные вопросы, представленные в форме эссе. Ограничение по времени на каждую попытку — 1 час 30 минут.

**Критерии оценивания собеседования по экзаменационным билетам:**

Отлично	отличное владение теорией и решение задач не ниже хорошего уровня; или отличное решение задач и владение теорией не ниже хорошего уровня
Хорошо	владение теорией не ниже хорошего уровня и решение задач не ниже удовлетворительного уровня; или владение теорией не ниже удовлетворительного уровня и решение задач не ниже хорошего уровня
Удовлетворительно	удовлетворительное владение теорией и удовлетворительное решение задач
Неудовлетворительно	неудовлетворительное владение теорией; или неудовлетворительное решение задач

Задания раздела 20.2 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины.