

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

МиКМ

проф. А.В. Ковалев  
21.03.2025г



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.04 Численные методы механики сплошной среды

- 1. Шифр и наименование направления подготовки:** 01.03.03 Механика и математическое моделирование
- 2. Профиль подготовки:** Компьютерный инжиниринг в механике сплошных сред
- 3. Квалификация выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Механики и компьютерного моделирования
- 6. Составители программы:**  
Минаева Надежда Витальевна, доктор физ-мат. наук, профессор, факультет ПММ, кафедра МиКМ  
Малыгина Юлия Владимировна, старший преподаватель кафедры механики и компьютерного моделирования
- 7. Рекомендована:** НМС факультета ПММ протокол №6 от 17.03.2025
- 8. Учебный год:** 2028 - 2029 **Семестр:** 7

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: ознакомление студентов с основами метода конечных элементов, определении его связи с приближёнными классическими методами математики и механики, формировании у студентов чёткого представления возможностей метода, его особенностей в различных задачах механики сплошных сред, теоретическая подготовка к возможному использованию ППП.

Задачи учебной дисциплины: научить студентов владеть теоретическим материалом, уметь применять основные классические и современные результаты из области численных методов, владеть навыками решения классических и современных прикладных задач.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1. Дисциплины (модули).

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине (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
ПК-5	Способен проводить расчетные исследования напряженно-деформированного состояния, прочности основных конструктивных элементов при воздействии силовых факторов на основе современных средств твердотельного 3D-моделирования	ПК-5.1	Накапливает и систематизирует знания о методах расчетных исследований напряженно-деформированного состояния тел (стержни, пластины, оболочки), прочности; основах компьютерного инжиниринга и виртуального моделирования проблем механики сплошных сред	Знать: основы механики сплошных сред и математического моделирования, методики построения задач механики, способы применения пакетов прикладных программ к решению поставленных задач Уметь: применять полученные знания при решении задач механики сплошных сред, применять пакеты прикладных программ к решению поставленных задач Владеть: современными методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний механики
		ПК-5.2	Корректно применяет методы CAE-технологий при проведении расчетов, анализирует достоверность полученных результатов с физической и математической точек зрения	
		ПК-5.3	Проводит расчетные исследования прочности основных конструктивных элементов (стержни, пластины, оболочки) при силовых воздействиях с учетом разнообразных факторов, вирту-	

			ального моделирования проблем механики сплошных сред	
--	--	--	--	--

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 4/144.**

**Форма промежуточной аттестации: экзамен**

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			7
Аудиторные занятия		64	64
в том числе:	лекции	32	32
	практические	0	0
	лабораторные	32	32
Самостоятельная работа		44	44
Форма промежуточной аттестации - экзамен		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 в МКЭ	Основные понятия и определения. Элементы и аппроксимирующие функции. Дискретизация области.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085</a>
1.2	Аппроксимирующие полиномы	Одномерные, двумерные и трехмерные аппроксимирующие полиномы.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085</a>
1.3	Решение задач ТУ МКЭ	Плоская задача ТУ. Расчет осесимметричных деформаций тел вращения. Пространственная задача ТУ.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085</a>
1.4	Решение задач механики методом Галеркина	Метод Галеркина. Решение задачи об изгибе балки, задачи Коши, двумерного уравнения теории поля.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085</a>
1.5	Решение задач механики МКЭ	Расчет изгиба балок кинематическим методом. Задача о переносе тепла в стержне.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085</a>
<b>2. Лабораторные работы</b>			
2.1	Одномерная задача	Решение одномерной задачи МКЭ с использованием ППП	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085</a>
2.2	Изгиб балки	Решение задачи об изгибе балки с использованием ППП	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085</a>
2.3	Задача о переносе тепла в стержне	Решение задачи о переносе тепла в стержне с использованием ППП	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085</a>

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

№	Наименование раздела	Лекции	Практи-	Лабора-	Самостоя-	Всего
---	----------------------	--------	---------	---------	-----------	-------

п/п	дисциплины		ческие	торные	тельная ра-бота	
1.	Введение в МКЭ	2			2	4
2.	Аппроксимирующие полиномы	4			2	6
3.	Решение задач ТУ МКЭ	10			8	18
4.	Решение задач механики методом Галеркина	8			6	14
5.	Решение задач механики МКЭ	8			6	14
6.	Одномерная задача			10	6	16
7.	Изгиб балки			12	8	20
8.	Задача о переносе тепла в стержне			10	6	16
	Подготовка к экзамену					36
	Итого	32		32	44	144

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

Освоение дисциплины «Численные методы механики сплошной среды» включает лекционные занятия, лабораторные работы и самостоятельную работу обучающихся.

На первом занятии студент получает информацию для доступа к комплексу учебно-методических материалов.

Лекционные занятия посвящены рассмотрению ключевых дискуссионных вопросов, принципов, базовых понятий, стандартов и методологий.

На лабораторных занятиях обучающиеся используют знания, полученные на лекционных занятиях, и применяют их для решения поставленных задач. Занятия предназначены для формирования умений и навыков, закрепленных компетенций по ОПОП.

Самостоятельная работа студентов включает в себя проработку учебного материала лекций, разбор лабораторных заданий.

Для успешного освоения дисциплины рекомендуется подробно конспектировать лекционный материал, просматривать основную и дополнительную литературу по соответствующей теме, чтобы систематизировать изучаемый материал.

Промежуточная аттестация. В течение семестра обучающимся предлагается выполнить лабораторные задания. На промежуточной аттестации обучающиеся отвечают на вопросы контрольно-измерительного материала. Оценка выставляется по результатам ответа на КИМ и сданным лабораторным работам.

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

Для организации самостоятельной работы или проведения занятий с использованием дистанционных образовательных технологий и электронного обучения разработан ЗУМК «Численные методы механики сплошной среды», размещенный на платформе электронного университета ВГУ <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085>

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Мельников, Р. В. Использование метода конечных элементов в геотехнике :

	учебное пособие : [16+] / Р. В. Мельников. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 188 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=618128">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=618128</a> (дата обращения: 09.11.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0697-0. – Текст : электронный.
2	Радин, В. П. Метод конечных элементов в динамических задачах сопротивления материалов : учебное пособие : [16+] / В. П. Радин, Ю. Н. Самогин, В. П. Чирков. – Москва : Физматлит, 2013. – 314 с. : схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=275558">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=275558</a> . – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9221-1485-1. – Текст : электронный.
3	Присекин, В. Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел : учебник / В. Л. Присекин, Г. И. Расторгуев ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2009. – 240 с. : табл., ил. – (Учебники НГТУ). – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=436040">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=436040</a> . – Библиогр.: с. 232. – ISBN 978-5-7782-1287-9. – Текст : электронный.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Деклу, Ж. Метод конечных элементов / Ж. Деклу ; под ред. Н. Н. Яненко ; пер. с фр. Б. И. Квасова. – Москва : Мир, 1976. – 95 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=456946">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=456946</a> . – Текст : электронный.
2	Стренг, Г. Теория метода конечных элементов / Г. Стренг, Д. Фикс ; под ред. Г. И. Марчку ; пер. с англ. В. И. Агошкова, В. А. Василенко, В. В. Шайдурова. – Москва : Мир, 1977. – 350 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457078">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457078</a> – Текст : электронный.
3	Сегерлинд, Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд ; под ред. Б. Е. Победри ; пер. с англ. А. А. Шестакова. – Москва : Мир, 1979. – 392 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457056">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457056</a> – Текст : электронный.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	Электронная библиотека ВГУ <a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a>
2	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" <a href="https://biblioclub.lib.vsu.ru/">https://biblioclub.lib.vsu.ru/</a>
3	Малыгина Ю.В. Численные методы механики сплошной среды : ЗУМК / Ю.В. Малыгина – URL: <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085</a>

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

Самостоятельная работа обучающегося должна включать подготовку к лабораторным занятиям, проработку учебного материала лекций и подготовку к промежуточной аттестации.

Для обеспечения самостоятельной работы студентов в электронном курсе дисциплины на образовательном портале «Электронный университет ВГУ» сформирован учебно-методический комплекс, который включает в себя: программу курса, учебные пособия и справочные материалы, методические указания по выполнению заданий. Студенты получают доступ к данным материалам на первом занятии по дисциплине.

Указанные в учебно-методическом комплексе учебные пособия и справочные материалы, приведены в таблице ниже:

№ п/п	Источник
1	Положение об организации самостоятельной работы обучающихся в Воронежском государственном университете
2	Метод конечных элементов [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторному практикуму / Воронеж. гос. ун-т ; сост. Т.Д. Семькина .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2008 . <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?present+3150+default+1+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?present+3150+default+1+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus</a>
3	Малыгина Ю.В. Численные методы механики сплошной среды : ЗУМК / Ю.В. Малыгина – URL: <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11085</a>

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

При реализации дисциплины могут проводиться различные типы лекций (вводная, обзорная и т.д.), применяться дистанционные образовательные технологии в части освоения лекционного материала, самостоятельной работы по дисциплине или отдельным ее разделам.

При реализации дисциплины используются следующие образовательные технологии: логическое построение дисциплины, обозначение теоретического и практического компонентов в учебном материале. Применяются разные типы лекций (вводная, обзорная, информационная, проблемная).

Информационные технологии для реализации учебной дисциплины:

- технологии синхронного и асинхронного взаимодействия студентов и преподавателя посредством служб (сервисов) по пересылке и получению электронных сообщений, в том числе, по сети Интернет а также другие Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.;

- сервис электронной почты для оперативной связи преподавателя и студентов.

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, для организации самостоятельной работы обучающихся используется онлайн-курс, размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также другие Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

### **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Учебная аудитория для проведения лекций, специализированная мебель, компьютер (ноутбук), мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения), меловая (маркерная) доска, допускается переносное оборудование.

ОС Windows 8 (10), интернет-браузер (Google Chrome, Mozilla Firefox), ПО Adobe Reader, пакет стандартных офисных программ для работы с документами (MS Office, Мой Офис, Libre Office).

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ, текущей и промежуточной аттестации, организации самостоятельной работы: специализированная мебель, персональные компьютеры в количестве, обеспечивающем возможность индивидуальной работы, компьютер преподавателя, мультимедийное оборудование (проектор, экран), меловая (маркерная) доска, допускается переносное оборудование.

ОС Windows 8 (10), интернет-браузер (Google Chrome, Mozilla Firefox), ПО Adobe Reader, пакет стандартных офисных программ для работы с документами, таблицами (MS Office, Мой Офис, Libre Office), специализированное ПО по тематике дисциплины (допускается демоверсия или виртуальный аналог ПО).

## 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	Одномерная задача	ПК-5	ПК-5.1 ПК-5.2	комплекты практических заданий №1
2	Изгиб балки	ПК-5	ПК-5.2 ПК-5.3	комплекты практических заданий №2
3	Задача о переносе тепла в стержне	ПК-5	ПК-5.2 ПК-5.3	комплекты практических заданий №2
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				КИМ

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

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

#### Комплект практических заданий №1

##### Перечень практических заданий

Лабораторная работа №1. Решение вариационного уравнения МКЭ с помощью аппроксимирующих полиномов Лагранжа.

#### Комплект практических заданий №2

##### Перечень практических заданий

Лабораторная работа №2 Решение задачи об изгибе балки МКЭ

Лабораторная работа №3 Решение задачи о переносе тепла в стержне

#### Технология проведения

Лабораторные работы из комплектов практических заданий выполняются в учебном классе или самостоятельно. Результаты работы предоставляются преподавателю для оценивания в печатном виде или прикрепляются отдельным файлом в ЭУМК

#### Критерии оценки лабораторных работ

Оценка	Критерии оценок
Зачтено	Получены выражения для матрицы жесткости элемента и вектора свободных членов. Составлена матрица жесткости системы и обобщенный вектор узловых параметров системы. Учтены граничные условия. Построен график полученного решения.
Не зачтено	Не получены или неверно получены выражения для матрицы жесткости

	элемента и вектора свободных членов. Не составлена или неверно составлена матрица жесткости системы и обобщенный вектор узловых параметров системы. Не произведен учет граничных условий. Не построен график полученного решения.
--	---

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: КИМ.

Перечень вопросов к экзамену

1. Общие понятия и определения. Конечные элементы, дискретизация области
2. Элементы, нумерация элементов и их узлов, аппроксимирующие функции.
3. Одномерные аппроксимирующие полиномы. Линейный полином Лагранжа.
4. Одномерные аппроксимирующие полиномы. Квадратичный полином Лагранжа.
5. Одномерные аппроксимирующие полиномы. Кубический полином Эрмита.
6. Двумерные аппроксимирующие полиномы. Линейный полином Лагранжа.
7. Двумерные аппроксимирующие полиномы. Квадратичный полином Лагранжа.
8. Двумерные аппроксимирующие полиномы. Кубический полином Эрмита.
9. Трехмерные аппроксимирующие полиномы. Линейный полином Лагранжа.
10. Постановка задач МСС при использовании МКЭ.
11. Аппроксимация перемещений, деформаций и напряжений для плоской задачи теории упругости.
12. Построение ансамбля.
13. Свойства матрицы жесткости системы.
14. Способы формирования МЖС.
15. Учет граничных условий при решении задачи методом конечных элементов.
16. Постановка осесимметричной задачи теории упругости.
17. Аппроксимация перемещений, деформаций и напряжений для осесимметричной задачи теории упругости.
18. Работа внешних сил для осесимметричной задачи теории упругости.
19. Работа поверхностных сил для осесимметричной задачи теории упругости. Выражение полной энергии системы.
20. Пространственная задача ТУ. Аппроксимация перемещений для пространственной задачи ТУ.
21. Постановка пространственной задачи ТУ.
22. Аппроксимация перемещений, деформаций и напряжений для пространственной задачи ТУ. Выражение полной энергии системы для пространственной задачи ТУ.
23. Метод Галеркина.
24. Решение задачи о изгибе балки методом Галеркина.
25. Решение двумерного уравнения теории поля методом Галеркина.
26. Решение задачи Коши методом Галеркина.
27. Расчет изгиба балок кинематическим методом.
28. Решение задачи о переносе тепла в стержне
29. Сходимость и точность метода конечных элементов.

## Технология проведения

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о Промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Промежуточная аттестация проводится в



форме собеседования на основе КИМ, который содержит 2 вопроса. Студенту предлагается 60 минут времени на подготовку к ответу.

### Шкалы и критерии оценивания

Оценка	Критерии оценок
Отлично	Даны верные ответы на вопросы из КИМ. Знание основных соотношений, определений метода конечных элементов. Умение классифицировать аппроксимирующие полиномы. Владение основными методами решения задач. Умение получить основные соотношения для решения задачи методом конечных элементов
Хорошо	Допущены ошибки при ответе на вопросы из КИМ. Знание основных соотношений, определений метода конечных элементов. Умение классифицировать аппроксимирующие полиномы. Владение основными методами решения задач.
Удовлетворительно	Дан только один ответ на вопрос из КИМ. Знание основных соотношений, определений метода конечных элементов. Умение классифицировать аппроксимирующие полиномы.
Неудовлетворительно	Не даны ответы на вопросы из КИМ. Нетвёрдое знание основных соотношений, определений метода конечных элементов. Неумение классифицировать аппроксимирующие полиномы. Плохое владение методами решения задач.

Экзамен может проводиться в виде теста в электронной образовательной среде «Электронный университет ВГУ». Большая часть вопросов проверяется автоматически, проверки преподавателем с ручным оцениванием требуют только расчетные задачи, практико-ориентированные задачи

### Вопросы с вариантами ответов

1. Дискретизация области – это...
  - a) представление непрерывной области в виде множества конечных элементов.**
  - б) аппроксимация функции полиномами.
  - в) добавление дополнительных узлов на границах элемента.
  - г) разбиение конечных элементов на более мелкие.
2. Выберите верные утверждения
  - а) Допускается наличие точек в области, не принадлежащих ни одному элементу.
  - б) Каждая точка области должна быть внутренней точкой одного элемента или быть на границе элементов.**
  - в) Узлы элементов – точки пересечения границ элементов.**
  - г) Существует только одна аппроксимирующая функция.
3. Что называется вектором узловых параметров элемента?
  - а) Набор функций формы.
  - б) Совокупность всех узловых параметров системы.
  - в) Совокупность аппроксимирующих полиномов.
  - г) Набор узловых параметров элемента.**
4. Совокупность всех узловых параметров – это ...
  - а) вектор узловых параметров элемента;
  - б) обобщенный вектор узловых параметров системы;**
  - в) аппроксимирующий полином;
  - г) вектор узловых параметров узла.
5. Аппроксимации, в которых в качестве узловых параметров принимаются только значения функции – это ...
 

а) Полиномы Эрмита.	в) Полиномы Чебышева.
<b>б) Полиномы Лагранжа.</b>	г) Полиномы Лагерра.

6. Какие полиномы называются полиномами Эрмита?
- Полиномы, в которых в качестве узловых параметров принимаются значения функции в узлах и значения ее производной.**
  - Аппроксимации, в которых в качестве узловых параметров принимаются только значения функции.
  - Две последовательности ортогональных многочленов
  - Последовательность полиномов, которая может быть найдена по формуле Родрига.
7. Какие аппроксимирующие полиномы необходимо использовать, если в постановке задачи фигурирует производная неизвестной функции не выше первого порядка?
- Полиномы Эрмита.
  - Полиномы Лагранжа.**
  - Полиномы Чебышева.
  - Полиномы Лагерра.
8. Какие аппроксимирующие полиномы необходимо использовать, если в постановке задачи фигурирует производная неизвестной функции выше первого порядка?
- Полиномы Эрмита.**
  - Полиномы Лагранжа.
  - Полиномы Чебышева.
  - Полиномы Лагерра.
9. Какие значения принимаются в качестве узловых параметров в одномерной задаче?
- Значения неизвестной функции в узлах элемента.**
  - Значения производной неизвестной функции в узлах элемента.**
  - Функции формы.
  - Производные функций формы.
10. Какие значения принимаются в качестве узловых параметров в задачах теории упругости?
- Деформации.
  - Напряжения.
  - Перемещения.**
  - Радиус упругопластической границы.
11. Какие значения принимаются в качестве узловых параметров в задаче теплопроводности?
- Деформации.
  - Напряжения.
  - Перемещения.
  - Температура.**
12. Какое число коэффициентов необходимо для записи одномерного линейного аппроксимирующего полинома?
- 2**
  - 3
  - 4
  - 5
13. Какое число коэффициентов необходимо для записи одномерного квадратичного аппроксимирующего полинома?
- 2
  - 3**
  - 4
  - 5
14. Какое число коэффициентов необходимо для записи одномерного кубического аппроксимирующего полинома?
- 2
  - 3
  - 4**
  - 5
15. Выберите особенности формирования матрицы жесткости системы:
- Влияние нумерации узлов.**
  - Введение топологических матриц.**
  - Симметричность относительно главной диагонали.**
  - Построение по увеличению коэффициентов матрицы
16. Сколько значений вектора узловых параметров элемента необходимо для описания аппроксимации перемещений в плоской задаче теории упругости?
- 3
  - 6**
  - 8
  - 12
17. Сколько значений вектора узловых параметров элемента необходимо для описания аппроксимации перемещений в осесимметричной задаче теории упругости?
- 3
  - 6**
  - 8
  - 12

18. Сколько значений вектора узловых параметров элемента необходимо для описания аппроксимации перемещений в пространственной задаче теории упругости?
- d) 3
  - a) 6
  - b) 8
  - c) 12**
19. Как называется матрица, которая состоит из модуля Юнга и коэффициента Пуассона?
- a) Матрица деформаций.
  - b) Матрица функций формы.
  - c) Матрица упругих констант.**
  - d) Матрица жесткости системы.
20. Как называется матрица, которая состоит из аппроксимирующих функций?
- a) Матрица деформаций.
  - b) Матрица функций формы.**
  - c) Матрица упругих констант.
  - d) Матрица жесткости элемента.

### Вопросы с кратким текстовым ответом

1. Назовите количество этапов практической реализации метода конечных элементов (в ответе укажите цифру).  
Ответ: 3
2. Назовите два типа нумерации узлов в методе конечных элементов (перечислить через запятую)  
Ответ: глобальная, локальная
3. Сколько узлов будет имеет одномерный стержень при решении задачи о переносе тепла, если его разбить на два элемента? (в ответе укажите цифру).  
Ответ: 3
4. Верно ли утверждение, что число элементов и узлов всегда совпадает при решении задач методом конечных элементов?  
Ответ: нет

**Описание технологии проведения.** Для студента будет предложено десять вопросов, на один из которых необходимо дать письменный ответ (расчетные задачи, практико-ориентированные задачи). Остальные вопросы с выбором ответа, которые проверяются автоматически.

На прохождение теста отводится 30 минут. Максимальное число баллов, которое может получить абитуриент, пройдя тест, равно **35** баллам. Правила оценивания вопросов приведены в «**Критерии и шкалы оценивания**».

### Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно;
- 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно.

Оценка промежуточной аттестации формируется как интегральная оценка по следующей формуле:

$$Q_{\text{промматтест}} = 0,5Q_{\text{текаттес}} + 0,5Q_{\text{зачет}}$$

При округлении оценки используется правило округления. При получении оценки менее 3 баллов - выставляется «не зачтено». Считается, что контрольная работа и лабораторные работы должны быть зачтены.

Студент, выполнивший в полном объеме программу курса (выполнено практическое задание с оценкой «отлично» и/или «хорошо» (лабораторные работы и контрольная работа зачтена) и имеющий посещаемость занятий 75% и более, на усмотрение преподавателя может быть освобожден от вопросов к зачету. В этом случае промежуточная аттестация осуществляется по текущей аттестации. Итоговая оценка в этом случае, выставляется как балл по практическому заданию.

**20.3 Задания раздела 20.1 и 20.2 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).**