

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель изучения дисциплины: изучение применения МКЭ при решении исследовательских задач с использованием современных инженерных комплексов.

Задачи учебной дисциплины: сформировать навыки постановки математической задачи, выбора эффективных методов решения и их реализации, используя современные IT-технологии.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Учебная дисциплина относится к формируемой участниками образовательных отношений части Блока 1.

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
ПКВ-5	Способен руководить работами по составлению математических моделей для проведения расчетных работ с использованием современных инженерно-вычислительных комплексов	ПКВ-5.1	Имеет представление об основных понятиях, разделах и задачах механики, методах математического моделирования, используемых в механике.	Знать: основные понятия, разделы механики, методы математического моделирования Уметь: применять методы решения проблемных ситуаций и проблем Владеть: методами математического моделирования, используемыми в механике
		ПКВ-5.2	Может разработать план проведения исследований в соответствующей предметной области; способен выбрать эффективные методы решения согласно поставленным прикладным задачам.	Знать: научные основы знаний в сфере механики и математического моделирования Уметь: получать результаты научно-исследовательской деятельности на основании знаний в сфере механики и математического моделирования
		ПКВ-5.3	Имеет практический опыт руководства при проведении исследований в области механики деформируемых тел и сред.	Знать: основные методики решения задач в соответствующей предметной области Владеть: навыками применения знаний в сфере механики и математического моделирования

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.

Форма промежуточной аттестации: зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		1

Аудиторные занятия		32	32
в том числе:	лекции	16	16
	практические	0	0
	лабораторные	16	16
Самостоятельная работа		40	40
Форма промежуточной аттестации - экзамен		зачет	зачет
Итого:		72	72

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1. Лекции			
1.1	Расчет упругих пластин методом конечных элементов	Вывод соотношений для аппроксимации перемещений, деформаций, напряжений. Внутренняя энергия пластины, работа.	«Метод конечных элементов в нелинейных задачах»
1.2	Расчет цилиндрических оболочек методом конечных элементов	Вывод соотношений для аппроксимации перемещений, деформаций, напряжений. Внутренняя энергия пластины, работа.	«Метод конечных элементов в нелинейных задачах»
1.3	Криволинейные изопараметрические элементы	Параметрическое отображение. Геометрическое соответствие элементов. Аппроксимация неизвестной функции в криволинейных координатах. Условия непрерывности. Удовлетворение критерию постоянства производной. Вычисление матриц элемента.	«Метод конечных элементов в нелинейных задачах»
1.4	Задачи о стационарных полях.	Введение. Конечноэлементная реализация задачи.	«Метод конечных элементов в нелинейных задачах»
1.5	Нелинейные задачи в постановке метода конечных элементов	Метод начальных напряжений. Метод начальных деформаций.	«Метод конечных элементов в нелинейных задачах»
1.6	Постановка нестационарных и динамических задач	Постановка задач. Динамическое поведение упругих конструкций. Другой способ учета временного эффекта. Задачи, в которых вводится вторая производная по времени.	«Метод конечных элементов в нелинейных задачах»
1.7	Задачи пластичности	Вывод общих соотношений теории пластичности методом конечных элементов.	«Метод конечных элементов в нелинейных задачах»
2. Лабораторные работы			
2.1	Решение вариационного уравнения, содержащего вторую производную от искомой функции	Решение задачи с помощью полиномов Эрмита.	«Метод конечных элементов в

			нелинейных задачах»
--	--	--	---------------------

13.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Расчет упругих пластин методом конечных элементов	2		5	7
2.	Расчет цилиндрических оболочек методом конечных элементов	2		5	7
3.	Криволинейные изопараметрические элементы	2		6	8
4.	Задачи о стационарных полях.	2		5	7
5.	Нелинейные задачи в постановке метода конечных элементов	3		6	9
6.	Постановка нестационарных и динамических задач	3		6	9
7.	Задачи пластичности	2		5	7
8.	Решение вариационного уравнения, содержащего вторую производную от искомой функции		16	2	18
	Итого	16	16	40	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «Метод конечных элементов в нелинейных задачах» 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 «Метод конечных элементов в нелинейных задачах», размещенный на платформе электронного университета ВГУ

<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11086>

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: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618128 (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: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275558 (дата обращения: 09.11.2021). – 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: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436040 (дата обращения: 09.11.2021). – Библиогр.: с. 232. – ISBN 978-5-7782-1287-9. – Текст : электронный.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	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: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456946 (дата обращения: 10.11.2021). – Текст : электронный.
5	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: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457078 (дата обращения: 10.11.2021). – Текст : электронный.
6	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: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457056 (дата обращения: 10.11.2021). – Текст : электронный.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
7	Электронная библиотека ВГУ www.lib.vsu.ru
8	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" https://biblioclub.lib.vsu.ru/
9	Электронно-библиотечная система "Лань" https://lanbook.lib.vsu.ru/
10	Электронно-библиотечная система "Консультант студента" https://studmedlib.lib.vsu.ru/
11	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" http://rucont.ru
12	Малыгина Ю.В. Метод конечных элементов в нелинейных задачах : ЗУМК / Ю.В. Малыгина – URL: https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11086

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.	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 . https://lib.vsu.ru/zgate?present+3150+default+1+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus
2.	Малыгина Ю.В. Метод конечных элементов в нелинейных задачах : ЗУМК / Ю.В. Малыгина – URL: https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11086

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:

Лекционная аудитория должна быть оборудована учебной мебелью, компьютером, мультимедийным оборудованием (проектор, экран, средства звуковоспроизведения), допускается переносное оборудование. Практические занятия должны проводиться в специализированной аудитории, оснащенной учебной мебелью и персональными компьютерами с доступом в сеть Интернет (компьютерные классы, студии), мультимедийным оборудованием (мультимедийный проектор, экран, средства звуковоспроизведения), Число рабочих мест в аудитории должно быть таким, чтобы обеспечивалась индивидуальная работа студента на отдельном персональном компьютере.

Для самостоятельной работы необходимы компьютерные классы, помещения, оснащенные компьютерами с доступом к сети Интернет.

Программное обеспечение: ОС Windows 8 (10), интернет-браузер (Chrome, Яндекс.Браузер, Mozilla Firefox), ПО Adobe Reader, пакет стандартных офисных приложений для работы с документами, таблицами (MS Office, МойОфис, LibreOffice).

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	Расчет упругих пластин методом конечных элементов	ПКВ-5	ПКВ-5.1	Собеседование
2	Расчет цилиндрических оболочек методом конечных элементов	ПКВ-5	ПКВ-5.1	Собеседование
3	Криволинейные изопараметрические элементы	ПКВ-5	ПКВ-5.1	Собеседование
4	Задачи о стационарных полях.	ПКВ-5	ПКВ-5.1	Собеседование
5	Нелинейные задачи в постановке метода конечных элементов	ПКВ-5	ПКВ-5.1	Собеседование
6	Постановка нестационарных и динамических задач	ПКВ-5	ПКВ-5.1	Собеседование
7	Задачи пластичности	ПКВ-5	ПКВ-5.1	Собеседование
8	Решение вариационного уравнения, содержащего вторую производную от искомой функции	ПКВ-5	ПКВ-5.1 ПКВ-5.2 ПКВ-5.3	Лабораторная работа
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Перечень вопросов

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: Собеседование, Лабораторная работа

Лабораторная работа

(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)

Описание технологии проведения: Решение практикоориентированных заданий происходит в течение 1 часа 30 минут в учебной аудитории

Решить вариационное уравнение $\delta J = 0$ методом конечных элементов. Функционал J в общем виде имеет вид

$$J = \int_a^b F \left(\varphi, \varphi^2, \frac{d\varphi}{dx}, \left(\frac{d\varphi}{dx} \right)^2, \left(\frac{d^2\varphi}{dx^2} \right)^2 \right) dx,$$

где $[a, b]$ – отрезок, задающий область решения; $\varphi(x)$ – искомая функция.

Отрезок $[a, b]$ необходимо разбить на N конечных отрезков. В каждом элементе ввести локальные координаты « u ». Начало координат поместить в центре элемента ($-1 \leq u \leq 1$). Переход от координаты « x » к координате « u » происходит по формуле

$$u = \frac{2x - x_i - x_{i+1}}{x_{i+1} - x_i}.$$

Функции формы в этом случае имеют вид

$$N_{01}(u) = \frac{1}{4}(1-u)^2(2+u), N_{11}(u) = \frac{1}{4}(1-u^2)(1-u),$$

$$N_{02}(u) = \frac{1}{4}(1+u)^2(2-u), N_{12}(u) = \frac{1}{4}(u^2-1)(1+u).$$

Для решения задачи необходимо записать аппроксимацию искомой функции и выражений, входящих в функционал. Получить систему алгебраических уравнений относительно узловых параметров и построить график полученного решения.

Задания.

1.
$$J = \int_0^{20} \left(2 \left(\frac{d^2\varphi}{dx^2} \right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dx} \right)^2 + 10\varphi^2 - 5 \frac{d\varphi}{dx} - \varphi \right) dx, N=20,$$

$$\varphi(0) = 0, \varphi(20) = -20.$$

2.
$$J = \int_{20}^{40} \left(8 \left(\frac{d^2\varphi}{dx^2} \right)^2 - 4 \left(\frac{d\varphi}{dx} \right)^2 + 2\varphi \frac{d\varphi}{dx} - \frac{1}{2} \frac{d\varphi}{dx} - \varphi \right) dx, N=20,$$

$$\varphi(20) = 0, \varphi(40) = 10.$$

3.
$$J = \int_0^{10} \left(\frac{1}{2} \left(\frac{d^2\varphi}{dx^2} \right)^2 - \frac{1}{4} \left(\frac{d\varphi}{dx} \right)^2 - \frac{1}{8} \varphi \frac{d\varphi}{dx} - \frac{1}{16} \frac{d\varphi}{dx} - \varphi \right) dx, N=20,$$

$$\varphi(0) = 0, \varphi(10) = 0.$$

4.
$$J = \int_{10}^{20} \left(\left(\frac{d^2\varphi}{dx^2} \right)^2 - 2 \left(\frac{d\varphi}{dx} \right)^2 + 3\varphi^2 - 4 \frac{d\varphi}{dx} - 5\varphi \right) dx, N=20,$$

$$\varphi(10) = 0, \varphi(20) = 10.$$

Оценка	Критерии оценок
Отлично	Правильное решение задачи.
Хорошо	Правильное решение задачи, но есть некоторые ошибки.
Удовлетворительно	Неправильное решение задачи, но верно выбран ход решения.
Неудовлетворительно	Неправильное решение задачи, причем неверно выбран ход решения.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по вопросам к зачету

(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)

1. Расчет упругих пластин методом конечных элементов. Постановка задачи.
2. Расчет упругих пластин методом конечных элементов. Аппроксимация перемещений, деформаций и напряжений.
3. Вычисление внутренней энергии системы и работы внешних сил, учет граничных условий при расчете пластин МКЭ.
4. Расчет цилиндрических оболочек методом конечных элементов. Постановка задачи.

5. Расчет цилиндрических оболочек методом конечных элементов. Аппроксимация перемещений, деформаций и напряжений.
6. Вычисление внутренней энергии системы и работы внешних сил, учет граничных условий при расчете цилиндрических оболочек МКЭ.
7. Расчет цилиндрических оболочек методом конечных элементов. Аппроксимация перемещений, деформаций и напряжений, вычисление внутренней энергии системы и работы внешних сил, учет граничных условий.
8. Параметрическое отображение. Использование функций формы для установления связи между координатами.
9. Геометрическое соответствие элементов.
10. Аппроксимация неизвестной функции в криволинейных координатах. Условия непрерывности.
11. Удовлетворение критерию постоянства производной.
12. Вычисление матриц элемента.
13. Задачи о стационарных полях. Введение.
14. Задачи о стационарных полях. Конечноэлементная реализация задачи.
15. Нелинейные задачи в постановке МКЭ. Методы переменной жесткости.
16. Нелинейные задачи в постановке МКЭ. Методы начальных напряжений.
17. Нелинейные задачи в постановке МКЭ. Методы начальных деформаций.
18. Постановка нестационарных и динамически задач МКЭ. Постановка задачи.
19. Постановка нестационарных и динамически задач МКЭ. Динамическое поведение упругих конструкций.
20. Постановка нестационарных и динамически задач МКЭ. Другой способ учета временного эффекта.
21. Постановка нестационарных и динамически задач МКЭ. Задачи, в которых вводится вторая производная по времени.
22. Вывод общих соотношений теории пластичности МКЭ.

Описание технологии проведения: Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Зачет проводится по КИМ, составленным на основе вопросов для подготовки к экзамену.

Оценка	Критерии оценок
Зачтено	Знание основных соотношений, определений метода конечных элементов. Владение основными методами решения задач. Умение получить основные соотношения для решения задачи методом конечных элементов. Лабораторные работы оценены на «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно».
Незачтено	Знание основных соотношений, определений метода конечных элементов. Слабое владение основными методами решения задач. Не получены основные соотношения для решения задачи методом конечных элементов. Не даны ответы на дополнительные вопросы. Лабораторные работы оценены на «неудовлетворительно».

20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ:

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

ЗАДАНИЕ 1. Представление непрерывной области в виде множества конечных элементов называется ...

- a) аппроксимация неизвестной функции.
- b) дискретизацией области.**
- c) добавление дополнительных узлов на границах элемента.
- d) функцией формы
- e)

ЗАДАНИЕ 2. Выберите верные утверждения

- a) Допускается наличие точек в области, не принадлежащих ни одному элементу.
- b) Каждая точка области должна быть внутренней точкой одного элемента или быть на границе элементов.**
- c) Узлы элементов – точки пересечения границ элементов.**
- d) Существует только одна аппроксимирующая функция.

ЗАДАНИЕ 3. Набор узловых параметров элемента – это ...

- a) набор функций формы.
- b) совокупность всех узловых параметров системы.
- c) вектор узловых параметров элемента**
- d) совокупность аппроксимирующих полиномов.

ЗАДАНИЕ 4. Из каких компонентов состоит обобщенный вектор узловых параметров системы

- a) векторы узловых параметров элемента;**
- b) набор констант;
- c) набор аппроксимирующих полиномов;
- d) векторы узловых параметров узла.

ЗАДАНИЕ 5. Аппроксимации, в которых в качестве узловых параметров принимаются только значения функции – это ...

- a) Полиномы Эрмита.
- b) Полиномы Лагранжа.**
- c) Полиномы Чебышева.
- d) Полиномы Лагерра

ЗАДАНИЕ 6. Какие полиномы называются полиномами Эрмита?

- a) Полиномы, в которых в качестве узловых параметров принимаются значения функции в узлах и значения ее производной.**
- b) Аппроксимации, в которых в качестве узловых параметров принимаются только значения функции.
- c) Две последовательности ортогональных многочленов
- d) Последовательность полиномов, которая может быть найдена по формуле Родрига.

ЗАДАНИЕ 7. Какие аппроксимирующие полиномы необходимо использовать, если в постановке задачи фигурирует производная неизвестной функции не выше первого порядка?

- a) Полиномы Эрмита.
- b) Полиномы Лагранжа.**
- c) Полиномы Чебышева.
- d) Полиномы Лагерра.

ЗАДАНИЕ 8. Какие аппроксимирующие полиномы необходимо использовать, если в постановке задачи фигурирует производная неизвестной функции выше первого порядка?

- a) Полиномы Эрмита.**
- b) Полиномы Лагранжа.
- c) Полиномы Чебышева.
- d) Полиномы Лагерра.

ЗАДАНИЕ 9. Какие значения принимаются в качестве узловых параметров в одномерной задаче?

- a) Значения неизвестной функции в узлах элемента.**
- b) Значения производной неизвестной функции в узлах элемента.**
- c) Функции формы.
- d) Производные функций формы.

ЗАДАНИЕ 10. Какие значения принимаются в качестве узловых параметров в задачах теории упругости?

- a) Деформации.
- c) Перемещения.**
- b) Напряжения.
- d) Радиус упругопластической границы.

ЗАДАНИЕ 11. Какие значения принимаются в качестве узловых параметров в задаче теплопроводности?

- a) Деформации.
- b) Напряжения.
- c) Перемещения.
- d) **Температура.**

ЗАДАНИЕ 12. Какое число коэффициентов необходимо для записи одномерного линейного аппроксимирующего полинома?

- a) **2**
- b) 3
- c) 4
- d) 5

ЗАДАНИЕ 13. Какое число коэффициентов необходимо для записи одномерного квадратичного аппроксимирующего полинома?

- a) 2
- b) **3**
- c) 4
- d) 5

ЗАДАНИЕ 14. Какое число коэффициентов необходимо для записи одномерного кубического аппроксимирующего полинома?

- a) 2
- b) 3
- c) **4**
- d) 5

ЗАДАНИЕ 15. Выберите особенности формирования матрицы жесткости системы:

- a) **Влияние нумерации узлов.**
- b) **Введение топологических матриц.**
- c) **Симметричность относительно главной диагонали.**
- d) Построение по увеличению коэффициентов матрицы

ЗАДАНИЕ 16. Сколько значений вектора узловых параметров элемента необходимо для описания аппроксимации перемещений в плоской задаче теории упругости?

- a) 3
- b) **6**
- c) 8
- d) 12

ЗАДАНИЕ 17. Сколько значений вектора узловых параметров элемента необходимо для описания аппроксимации перемещений в осесимметричной задаче теории упругости?

- a) 3
- b) **6**
- c) 8
- d) 12

ЗАДАНИЕ 18. Сколько значений вектора узловых параметров элемента необходимо для описания аппроксимации перемещений в пространственной задаче теории упругости?

- a) 3
- b) 6
- c) 8
- d) **12**

ЗАДАНИЕ 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.

ЗАДАНИЕ 20. Как называется матрица, которая состоит из аппроксимирующих функций?

- a) Матрица деформаций.
- b) **Матрица функций формы.**
- c) Матрица упругих констант.
- d) Матрица жесткости элемента.

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

ЗАДАНИЕ 1. Как расшифровывается МЖЭ в методе конечных элементов?

Ответ: **Матрица жесткости элемента**

ЗАДАНИЕ 2. Как расшифровывается МЖС в методе конечных элементов?

Ответ: **Матрица жесткости системы**

ЗАДАНИЕ 3. Какие два типа нумерации элементов приняты в методе конечных элементов?

Ответ: **глобальная, локальная**

ЗАДАНИЕ 4. Сколько элементов включает матрица жесткости системы для задачи о распространении тепла в стержне, если стержень разбивается на 2 элемента

Ответ: 9

ЗАДАНИЕ 5. Совпадает ли число элементов и число узлов для задачи о распространении тепла в стержне

Ответ: Нет

ЗАДАНИЕ 6. Зависит ли длина элемента от количества элементов?

Ответ: Да

ЗАДАНИЕ 7. Совпадает ли число элементов и число узлов для задачи о распространении тепла в стержне

Ответ: Нет

ЗАДАНИЕ 8. С помощью каких полиномов можно аппроксимировать прогиб балки в задаче о поперечном изгибе балки?

Ответ: Эрмита

ЗАДАНИЕ 9. Что обозначает E в формуле для поперечного изгиба балки

$$U = \frac{1}{2} \int_0^L \frac{1}{EJ} \left(\frac{d^2 w}{dx^2} \right)^2 dx,$$

Ответ: Модуль Юнга

ЗАДАНИЕ 10. Сколько функций формы нужно для аппроксимации неизвестной функции полиномами Эрмита?

Ответ: 4

Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины.