

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 15.04.03 Прикладная механика

Наименование образовательной программы: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цой В.Э.
	Идентификатор	Rd9d3a9dd-TsoyVE-b05eb4b4

В.Э. Цой

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цой В.Э.
	Идентификатор	Rd9d3a9dd-TsoyVE-b05eb4b4

В.Э. Цой

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883d

И.В.
Меркурьев

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-5 Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов

ИД-2 Способен разработать программные коды для численного решения задач механики сплошной среды

2. ОПК-10 Способен разрабатывать физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики

ИД-3 Способен разработать компьютерные модели объектов профессиональной деятельности

3. ПК-1 Готов участвовать в научных и расчетно-экспериментальных исследованиях объектов профессиональной деятельности с целью обеспечения их прочности, жесткости, устойчивости, долговечности, безопасности и надежности

ИД-2 Способен выполнять расчеты в профессиональных конечно-элементных программных комплексах

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет устойчивости балок МКЭ (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Тест 1. Особенности расчета устойчивости балок МКЭ (Тестирование)

2. Численные методы анализа сложных конструкций (Коллоквиум)

БРС дисциплины

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Тест 1. Особенности расчета устойчивости балок МКЭ (Тестирование)

КМ-2 Расчет устойчивости балок МКЭ (Контрольная работа)

КМ-3 Численные методы анализа сложных конструкций (Коллоквиум)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %
-------------------	---------------------------------

	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	4	8	12
Расчет собственных колебаний и устойчивости конструкций МКЭ				
Расчет собственных колебаний и устойчивости конструкций МКЭ		+		
Вопросы моделирования механических систем				
Вопросы моделирования механических систем			+	
Введение в программный комплекс ANSYS/CAE Fidesys				
Введение в программный комплекс ANSYS/CAE Fidesys				+
Решение задач механики сплошной среды методом конечных разностей				
Решение задач механики сплошной среды методом конечных разностей				+
Вес КМ:		30	20	50

БРС курсовой работы/проекта

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

- КМ-1 Соблюдение графика выполнения КП
- КМ-2 Соблюдение графика выполнения КП
- КМ-3 Соблюдение графика выполнения КП
- КМ-4 Соблюдение графика выполнения КП
- КМ-5 Соблюдение графика выполнения КП

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	7	10	13	15
Расчет двумерной области сложной геометрии		+				
Статический расчет 3D- рамы			+			
Динамический расчет 3D-рамы				+		
Статический расчет оболочки					+	
Нелинейный расчет балки малой изгибной жесткости						+
Вес КМ:		20	20	20	20	20

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ОПК-5	ИД-2 _{ОПК-5} Способен разработать программные коды для численного решения задач механики сплошной среды	Знать: - принципы разработки цифровых моделей конструкций с применением МКЭ Уметь: - создавать цифровые модели конструкций в программном комплексе ANSYS	КМ-1 Тест 1. Особенности расчета устойчивости балок МКЭ (Тестирование) КМ-3 Численные методы анализа сложных конструкций (Коллоквиум)
ОПК-10	ИД-3 _{ОПК-10} Способен разработать компьютерные модели объектов профессиональной деятельности	Знать: - основы метода конечных разностей Уметь: - применять метод конечных разностей для решения задач механики сплошной среды	КМ-3 Численные методы анализа сложных конструкций (Коллоквиум)
ПК-1	ИД-2 _{ПК-1} Способен выполнять расчеты в профессиональных конечно-элементных программных комплексах	Знать: - сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, опасности и угрозы, возникающие в	КМ-2 Расчет устойчивости балок МКЭ (Контрольная работа) КМ-3 Численные методы анализа сложных конструкций (Коллоквиум)

		этом процессе Уметь: - проводить динамический расчет конструкций методом конечных элементов в ПК ANSYS/CAE Fidesys	
--	--	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Тест 1. Особенности расчета устойчивости балок МКЭ

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты отвечают на два вопроса билета в устной форме. При необходимости приводятся письменные комментарии.

Краткое содержание задания:

Продemonстрировать понимание постановки задачи о потере устойчивости, знание методов решения, понимание результатов расчета критической нагрузки

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: - принципы разработки цифровых моделей конструкций с применением МКЭ	1.3. В какую сторону относительно точных значений дает оценки критической нагрузки линейный анализ по МКЭ? 4. Как выглядит численный критерий потери устойчивости при расчете диаграммы нагружения в нелинейном анализе? 2.5. К какому типу нелинейности принадлежит явление потери устойчивости упругих систем?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: «зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: На два вопроса даны правильные содержательные ответы.

Оценка: «не зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Туманные ответы не по существу.

КМ-2. Расчет устойчивости балок МКЭ

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

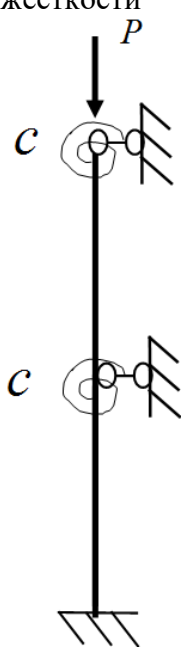
Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают индивидуальные варианты задачи о потере устойчивости, которую они выполняют в письменном виде.

Краткое содержание задания:

Построить зависимость критической нагрузки от жесткости упругой связи. Сравнить решение по МКЭ с точным решением сопротивления материалов

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: - сущность и значение информации в развитии	1.Задача 3

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
современного информационного общества, опасности и угрозы, возникающие в этом процессе	Постройте зависимость критической силы от параметра жесткости  Figure 1 Постройте зависимость критической силы от параметра жесткости

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 100

Описание характеристики выполнения знания: Исчерпывающее решение

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Решение в целом верное, но имеются описки, не влияющие на сущность ответа

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Ход решения верный, но есть ошибка, которая привела к неправильному ответу.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Неверное решение или недоделанное до конца.

КМ-3. Численные методы анализа сложных конструкций

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 50

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают задание с двумя вопросами, на которые они должны дать устные ответы.

Краткое содержание задания:

Дать грамотные ответы, касающиеся особенностей численного моделирования поведения конструкций при различного рода воздействиях.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: - основы метода конечных разностей	1.13. Какие разностные схемы называются «условно устойчивыми»? 14. Какие разностные схемы называются абсолютно устойчивыми? 15. Физический смысл условия Куранта. 16. Какой параметр характеризует с количественной стороны понятие «аппроксимация» в теории разностных схем?
Уметь: - создавать цифровые модели конструкций в программном комплексе ANSYS	1.1. Как расчетным путем убедиться, что конструкция имеет способность к жестким смещениям? 2. Поясните на простейшем примере качественную зависимость частот собственных колебаний от основных характеристик конструкции. 3. Почему формы колебаний, рассчитанные методом конечных элементов, получаются заведомо приближенными? Как это обстоятельство влияет на оценки собственных частот? 4. Для кэ-модели симметричной закрепленной балки с центральной упругой опорой (линейной пружиной) определяются три первые собственные частоты изгибных колебаний. Объясните, почему вторая частота не зависит от жесткости пружины.
Уметь: - применять метод конечных разностей для решения задач механики сплошной среды	1.11 Объясните роль фиктивных точек при разностной аппроксимации дифференциальных граничных условий. 12. Дайте любое определение устойчивости разностной схемы. 13. Сформулируйте основную теорему теории разностных схем. 14. Сформулируйте критерий Неймана устойчивости разностных схем для задач с одной зависимой переменной. 15. Сформулируйте критерий Неймана устойчивости разностных схем для задач с несколькими зависимыми переменными.
Уметь: - проводить динамический расчет конструкций методом конечных элементов в ПК ANSYS/CAE Fidesys	1.5. Поясните на примерах, какой эффект учитывает матрица начальных усилий при расчете конструкций с большими перемещениями. 6. Почему в задаче расчета на устойчивость решается не полная, а частичная проблема собственных значений? 7. Приведите качественную картину аппроксимации перемещений и напряжений на линейных и квадратичных элементах в плоской задаче теории упругости.

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	8. Какой простейший прием используется для стыковки разнородных элементов в МКЭ?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: «зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Развернутые содержательные ответы на оба вопроса с дополнительными уточнениями

Оценка: «не зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: непонимание сущности вопросов

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Вопросы:

1. Как проверить выполнение статических граничных условий в конечно-элементном расчете?
2. Основные этапы решения задач по МКЭ

Задача:

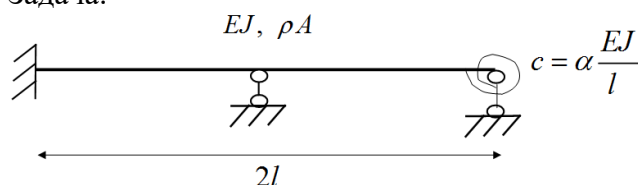


Figure 2 1. Постройте качественную зависимость первой собственной частоты колебаний балки от жесткости пружины.

2. Оцените значения частоты и нарисуйте примерный вид первой формы колебаний в предельных случаях.

Процедура проведения

Студент берет билет, готовит в течение 1,5 часов ответы в письменном виде. На ответы отводится 0,5 часа.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ОПК-5} Способен разработать программные коды для численного решения задач механики сплошной среды

Вопросы, задания

1. Задача 2

1. Постройте качественную зависимость первой собственной частоты колебаний балки от жесткости пружины.
2. Оцените значения частоты и нарисуйте примерный вид первой формы колебаний в предельных случаях.

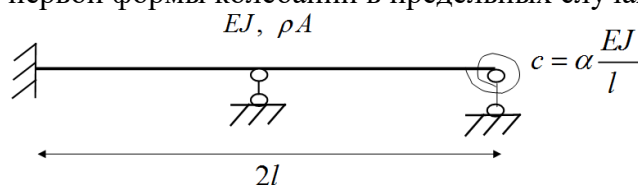


Figure 3 1. Постройте качественную зависимость первой собственной частоты колебаний балки от жесткости пружины.

2. Оцените значения частоты и нарисуйте примерный вид первой формы колебаний в предельных случаях.

2.5. Каким образом можно проверить выполнение статических граничных условий в конечно-элементном расчете?

6. Почему для стыковки разнородных элементов (например, *solid* и *beam*) необходимо составлять дополнительные уравнения связи?

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Для определения собственных частот и форм колебаний механической системы решают:

Ответы:

а) уравнения движения с начальными условиями б) обобщенную задачу на собственные значения в) систему алгебраических уравнений равновесия узлов

Верный ответ: б)

2. Какой параметр в МКЭ учитывает отличие плоского напряженного состояния от состояния плоской деформации?

Ответы:

а) матрица функций перемещений б) матрица деформаций в) матрица упругости обобщенного закона Гука

Верный ответ: в)

3. Какой расчетный параметр позволяет установить зоны конечно-элементной модели, где может потребоваться сгущение сетки?

Ответы:

а) эквивалентные напряжения б) энергетическая оценка погрешности в) картина поля перемещений

Верный ответ: б)

2. Компетенция/Индикатор: ИД-Зопк-10 Способен разработать компьютерные модели объектов профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1. Задача 1

Исследуйте устойчивость разностной схемы для уравнения переноса

Исследуйте устойчивость разностной схемы

$$\frac{1}{\Delta t} (y_n^{m+1} - y_n^m) + \frac{v}{\Delta x} (y_n^{m+1} - y_{n-1}^{m+1}) = 0$$

для уравнения переноса $u_t + vu_x = 0$ ($v > 0$)

2.4. Оценка критической нагрузки в линейном анализе устойчивости по МКЭ является осторожной или рискованной (идет в запас по устойчивости или наоборот)?

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Спектр отклика используется для:

Ответы:

а) решения уравнений динамики сооружения б) сведения динамической задачи о сейсмостойкости к эквивалентной статической задаче в) анализа собственных колебаний сооружения

Верный ответ: б)

2. К какой математической задаче сводится линейный анализ устойчивости конструкций:

Ответы:

а) система линейных уравнений равновесия б) система нелинейных уравнений равновесия в) частичная проблема собственных значений

Верный ответ: в)

3. Матрица геометрической жесткости в задачах устойчивости стержней учитывает влияние:

Ответы:

а) продольного усилия на изгибную жесткость при больших перемещениях б) поперечных усилий на критическое значение нагрузки в) начальной кривизны на критическое значение нагрузки

Верный ответ: а)

3. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-1 Способен выполнять расчеты в профессиональных конечно-элементных программных комплексах

Вопросы, задания

1. Вопросы

1. Почему для балки, нагруженной сосредоточенными силами (моментами) МКЭ дает точное распределение изгибающего момента (в пренебрежении вычислительной погрешностью), а в случае распределенной нагрузки эпюра момента получается приближенной?
2. Почему расчет методом конечных элементов дает завышенные оценки собственных частот относительно истинных значений? Как влияет уточнение кэ-модели конструкции на расчетные оценки собственных частот?
- 3 Почему в динамике конструкций для моделей с большим числом степеней свободы решают частичную, а не полную проблему собственных значений?

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что понимают под термином «квадратичный конечный элемент» при решении задач теории упругости?

Ответы:

- а) элемент в форме квадрата (куба) б) функции перемещений элемента – полиномы второй степени относительно независимых пространственных переменных в) регулярные сетки с прямоугольными ячейками

Верный ответ: б)

2. Аппроксимации напряжений на квадратичном элементе:

Ответы:

- а) постоянные (однородные) б) линейные в) фрагменты квадратичных парабол

Верный ответ: б)

3. Сколько параметров треугольного квадратичного элемента в плоской задаче теории упругости описывают напряженно-деформированное состояние?

Ответы:

- а) 12 б) 10 в) 9

Верный ответ: в)

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 100

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

Для курсового проекта/работы:

1 семестр

Форма проведения: Защита КП/КР

I. Процедура защиты КП/КР

Студент получает вопросы по каждой выполненной задаче КП в развитие полученного решения

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 100

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 выставляется студенту, правильно выполнившему все задание, с подробными комментариями полученных результатов.

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 выставляется студенту, в целом правильно выполнившему все задание, но допустившему помарки в размерностях величин и оценочных расчетах прочности.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 0

Описание характеристики выполнения знания: За данный курсовой проект оценка 3 не ставится из принципиальных соображений.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 выставляется за грубые ошибки хотя бы в двух задачах.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».