

**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	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

Е.В. Позняк

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883f

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

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

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

БРС курсовой работы/проекта

1 семестр

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	Тест 1. Особенности расчета устойчивости балок МКЭ (Тестирование) 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	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	Расчет устойчивости балок МКЭ (Контрольная работа) 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:

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

Контрольные вопросы/задания:

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

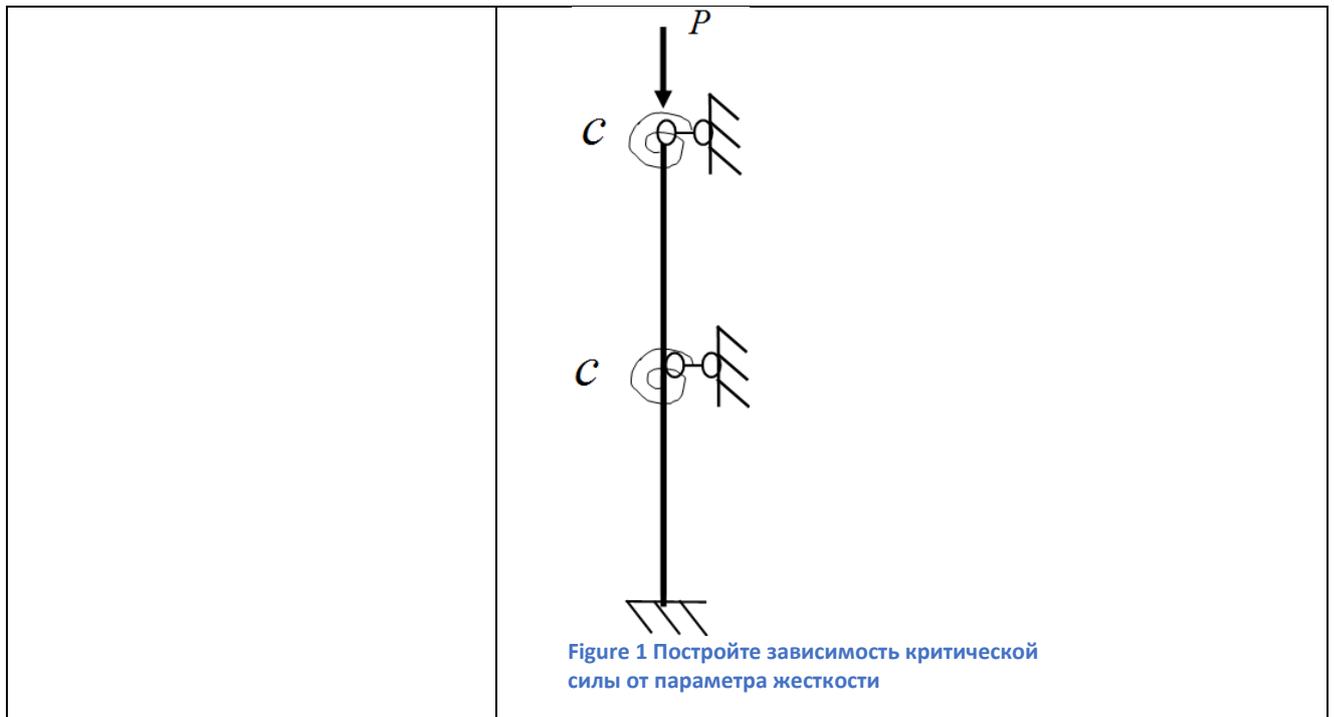
Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают индивидуальные варианты задачи о потере устойчивости, которую они выполняют в письменном виде.

Краткое содержание задания:

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

Контрольные вопросы/задания:

Знать: - сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, опасности и угрозы, возникающие в этом процессе	1.Задача 3 Постройте зависимость критической силы от параметра жесткости
---	---



Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 100

Описание характеристики выполнения знания: Исчерпывающее решение

Оценка: 4

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2

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:

Знать: - основы метода конечных	1.13. Какие разностные схемы называются «условно
---------------------------------	--

разностей	<p>устойчивыми»?</p> <p>14. Какие разносные схемы называются абсолютно устойчивыми»?</p> <p>15. Физический смысл условия Куранта.</p> <p>16. Какой параметр характеризует с количественной стороны понятие «аппроксимация» в теории разностных схем?</p>
<p>Уметь: - создавать цифровые модели конструкций в программном комплексе ANSYS</p>	<p>1.1. Как расчетным путем убедиться, что конструкция имеет способность к жестким смещениям?</p> <p>2. Поясните на простейшем примере качественную зависимость частот собственных колебаний от основных характеристик конструкции.</p> <p>3. Почему формы колебаний, рассчитанные методом конечных элементов, получаются заведомо приближенными? Как это обстоятельство влияет на оценки собственных частот?</p> <p>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.</p>
<p>Уметь: - применять метод конечных разностей для решения задач механики сплошной среды</p>	<p>1.11 Объясните роль фиктивных точек при разностной аппроксимации дифференциальных граничных условий.</p> <p>12. Дайте любое определение устойчивости разностной схемы.</p> <p>13. Сформулируйте основную теорему теории разностных схем.</p> <p>14. Сформулируйте критерий Неймана устойчивости разностных схем для задач с одной зависимой переменной.</p> <p>15. Сформулируйте критерий Неймана устойчивости разностных схем для задач с несколькими зависимыми переменными.</p>
<p>Уметь: - проводить динамический расчет конструкций методом конечных элементов в ПК ANSYS/CAE Fidesys</p>	<p>1.5. Поясните на примерах, какой эффект учитывает матрица начальных усилий при расчете конструкций с большими перемещениями.</p> <p>6. Почему в задаче расчета на устойчивость решается не полная, а частичная проблема собственных значений?</p> <p>7. Приведите качественную картину аппроксимации перемещений и напряжений на линейных и квадратичных элементах в плоской задаче теории упругости.</p> <p>8. Какой простейший прием используется для стыковки разнородных элементов в МКЭ?</p>

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:

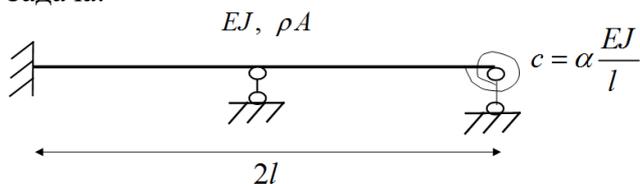


Figure 2 1. Постройте качественную зависимость первой собственной частоты колебаний балки от жесткости пружины.

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.

I. 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.

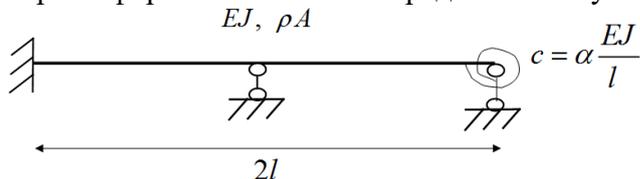


Figure 3 1. Постройте качественную зависимость первой собственной частоты колебаний балки от жесткости пружины.

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-3опк-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

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

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

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

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

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 0

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

Оценка: 2

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»