

**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
2023**

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-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. ПК-3 способностью критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты
2. ПК-4 способностью самостоятельно осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы, новые системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы) для эффективного решения профессиональных задач
3. ПК-8 способностью принимать непосредственное участие в учебной и учебно-методической работе кафедр и других учебных подразделений соответствующему направлению подготовки, участвовать в разработке программ учебных дисциплин и курсов
4. ПК-9 готовностью проводить учебные занятия, лабораторные работы, вычислительные практикумы, принимать участие в организации научно-исследовательской работы обучающихся младших курсов
5. ОК-8 способностью владеть основными знаниями и методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий

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	15
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 CAD/CAE				
Введение в программные комплексы CAD/CAE			+	+
Решение задач механики сплошной среды методом конечных разностей				
Решение задач механики сплошной среды методом конечных разностей			+	+
Вес КМ:		20	40	40

\$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
	Срок КМ:	6	9	12	14
Решение плоской задачи для области сложной геометрии		+			
Статический расчет рамы			+		
Собственные колебания рамы			+		
Статический расчет оболочечной конструкции				+	
Нелинейный расчет больших перемещений балки при изгибе					+
Вес КМ:		20	30	30	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
ПК-3	ПК-3(Компетенция)	Знать: постановку частичной проблемы собственных значений в МКЭ основы метода конечных разностей Уметь: создавать цифровые модели конструкций в программных комплексах применять метод конечных разностей для решения задач механики сплошной среды	Тест 1. Особенности расчета устойчивости балок МКЭ (Тестирование) Численные методы анализа сложных конструкций (Коллоквиум)
ПК-4	ПК-4(Компетенция)	Знать: принципы разработки цифровых моделей конструкций с применением МКЭ Уметь: проводить динамический расчет конструкций методом конечных элементов в программных комплексах	Расчет устойчивости балок МКЭ (Контрольная работа) Численные методы анализа сложных конструкций (Коллоквиум)

		проводить расчет конструкций на устойчивость в линейной и нелинейной постановке с применением программных комплексов	
ПК-8	ПК-8(Компетенция)	Знать: анализировать и оформлять результаты учебной работы Уметь: грамотно преподносить учебный материал	Расчет устойчивости балок МКЭ (Контрольная работа) Численные методы анализа сложных конструкций (Коллоквиум)
ПК-9	ПК-9(Компетенция)	Знать: основные научные положения для организации НИР Уметь: критически относиться к получаемым результатам, публично выступать, аргументировано вести дискуссию и полемику	Расчет устойчивости балок МКЭ (Контрольная работа) Численные методы анализа сложных конструкций (Коллоквиум)
ОК-8	ОК-8(Компетенция)	Знать: методы и средства защиты производственного персонала Уметь: использовать инструкции, описания, технические паспорта о работе устройств и установок	Расчет устойчивости балок МКЭ (Контрольная работа) Численные методы анализа сложных конструкций (Коллоквиум)

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: 20

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:

Знать: постановку частичной проблемы собственных значений в МКЭ	1.1. К какой математической задаче сводится линейный анализ устойчивости конструкций? 2. Какой эффект учитывает матрица геометрической жесткости в задачах устойчивости стержней? 2.3. 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? 3.5. 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: 40

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: принципы разработки цифровых моделей конструкций с применением МКЭ

1.Задача 3

Постройте зависимость критической силы от параметра жесткости

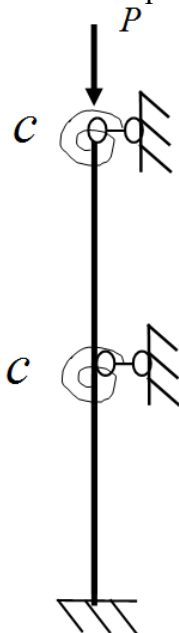


Figure 1 Постройте зависимость критической силы от параметра жесткости

Знать: основные научные положения для организации НИР

1.Задача 2.

Постройте зависимость критической силы от жесткости пружины. Сравните результаты расчета предельных случаев с решениями Эйлера.

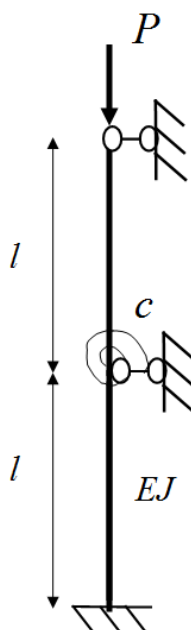
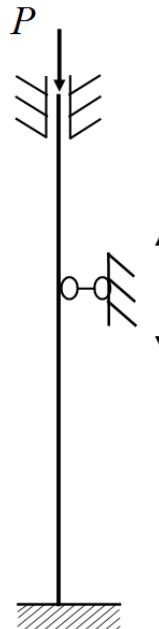


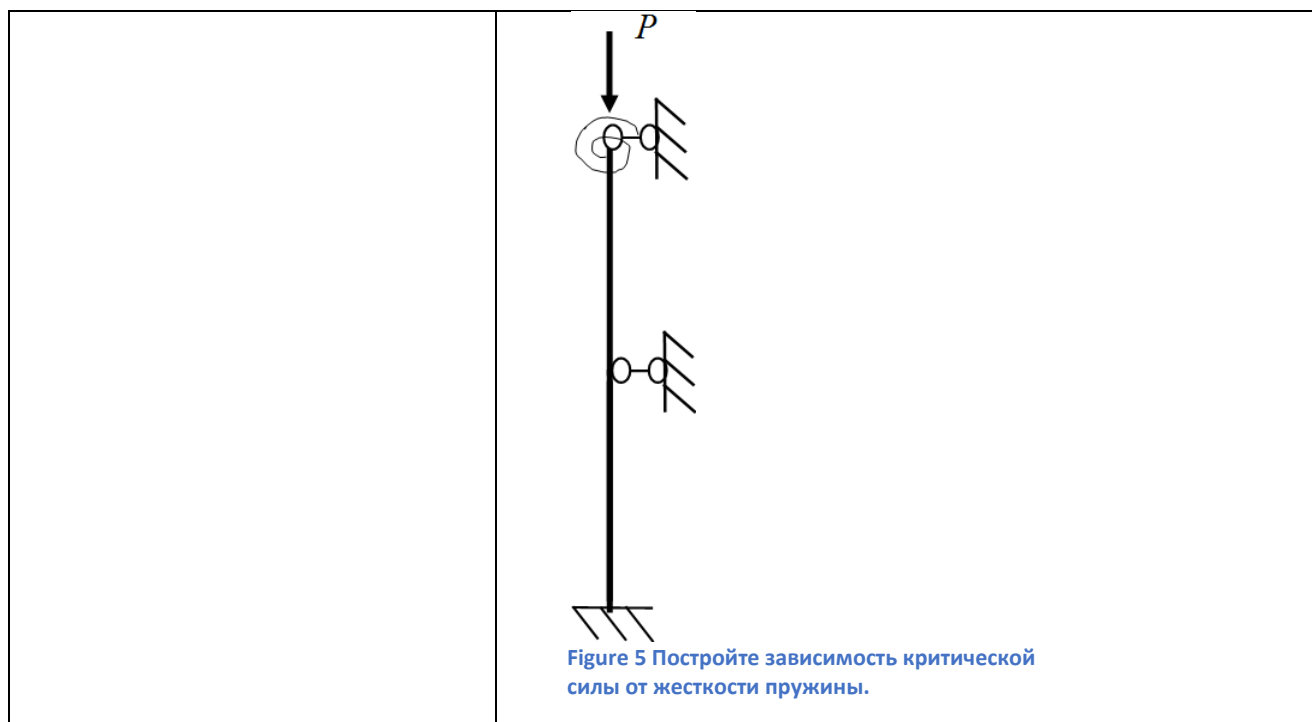
Figure 2 Постройте зависимость критической силы от жесткости пружины. Сравните результаты расчета предельных случаев с решениями Эйлера.

Знать: методы и средства защиты производственного персонала

1.Задача 1

Постройте зависимость критической силы от жесткости пружины.

	 Figure 3 Постройте зависимость критической силы от жесткости пружины.
Уметь: проводить расчет конструкций на устойчивость в линейной и нелинейной постановке с применением программных комплексов	1.Задача 5 Постройте зависимость критической силы от положения опоры.  Figure 4 Постройте зависимость критической силы от положения опоры.
Уметь: грамотно преподносить учебный материал	1.Задача 6 Постройте зависимость критической силы от жесткости пружины.



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: 40

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	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?
Знать: анализировать и оформлять результаты учебной работы	1.5. К какой математической задаче сводится линейный анализ устойчивости конструкции? 6. Чем отличается плоское напряженное состояние от состояния плоской деформации? 7. Какой расчетный параметр позволяет установить зоны конечноэлементной модели, где может потребоваться сгущение сетки? 8. Что такое «разностная схема»? 9. Что такое «шаблон» разностной схемы?
Уметь: применять метод конечных разностей для решения задач механики сплошной среды	1.16. Что такое «спектр множителей перехода» в теории разностных схем? 17. Геометрическая интерпретация критерия устойчивости Неймана. 18. Почему точное решение уравнения переноса имеет вид бегущей волны? 19. Опишите с качественной стороны поведение разностного решения уравнения переноса при различном числе Куранта в явных и неявных схемах.
Уметь: создавать цифровые модели конструкций в программных комплексах	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 программных комплексах	1.9 Каким образом можно выявить опасную потенциальную подвижность (существенную податливость) конструкции? 10. Какие проблемы ожидаются при расчете конструкций с входящими углами на границах?
Уметь: критически относиться к получаемым результатам, публично выступать, аргументировано вести дискуссию и полемику	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. 8. Какой простейший прием используется для стыковки разнородных элементов в МКЭ?
Уметь: использовать инструкции, описания, технические паспорта о работе устройств и установок	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.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

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

Оценка: не зачтено

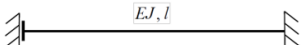
Описание характеристики выполнения знания: Непонимание сущности вопросов

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

 Кафедра: РМДМ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ по дисциплине «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» Институт энергомашиностроения и механики	Утверждаю: зав. кафедрой _____._____.202__
	1. Чем принципиально отличаются элементы типа <i>solid</i> и <i>beam</i> применительно к расчету балок на изгиб? Что происходит на каждом участке невесомого стержня? 2. Почему при изгибе балки, нагруженной сосредоточенными силами (моментами) МКЭ дает точное решение для изгибающего момента (в пренебрежении вычислительной погрешностью)? 3.	
 Аппроксимируйте дифференциальные граничные условия на левом и правом концах балки разностными выражениями со вторым порядком точности.		

Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме, время на подготовку 60 минут.

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

1. Компетенция/Индикатор: ПК-3(Компетенция)

Вопросы, задания

- 1.9. Объясните, в каком случае происходит заметное сглаживание функций при их представлении на выбранной сетке узлов
10. Опишите с качественной стороны поведение разностных решений уравнения переноса при различном числе Куранта в явных и неявных схемах.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. 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: ПК-4(Компетенция)

Вопросы, задания

1. Задача 4

Спроектируйте тонкостенный сферический резервуар минимального веса, способный выдержать давление газа .

Как изменится решение, если назначить фиксированный объем резервуара?

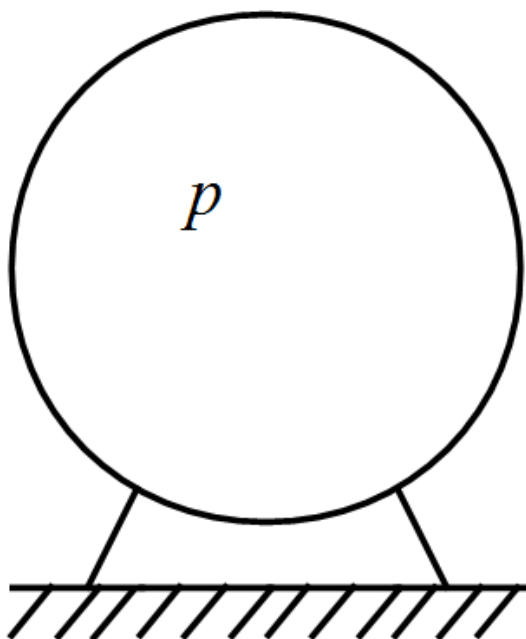


Figure 6 Спроектируйте тонкостенный сферический резервуар минимального веса, способный выдержать давление газа p .
Как изменится решение, если назначить фиксированный объем резервуара?

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. Конечно-элементный расчет относительно истинных значений собственных частот дает оценки:

Ответы:

а) совпадающие б) сверху в) снизу

Верный ответ: б)

3. Компетенция/Индикатор: ПК-8(Компетенция)

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?

2. Задача 3

Сравните оценки значения критической силы P для приведенных вариантов нагружения стержня. Изобразите качественный вид форм потери устойчивости.

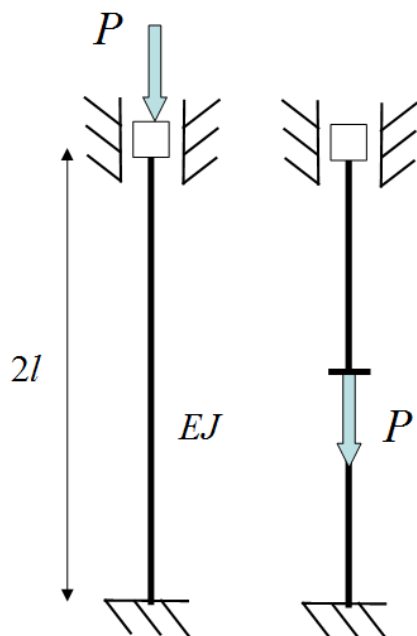


Figure 7 Сравните оценки значения критической силы P для приведенных вариантов нагружения стержня. Изобразите качественный вид форм потери устойчивости.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. 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)

4. Компетенция/Индикатор: ПК-9(Компетенция)

Вопросы, задания

- 1.5 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?
- 2.7 В чем состоит принципиальное отличие явных и неявных разностных схем решения параболических и гиперболических задач?
8. Дайте любое определение устойчивости разностной схемы.

Материалы для проверки остаточных знаний

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

Ответы:

а) 12 б) 10 в) 9

Верный ответ: в)

5. Компетенция/Индикатор: ОК-8(Компетенция)

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.

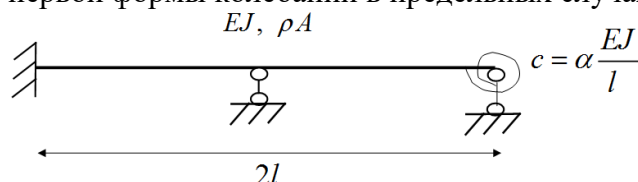


Figure 8 1. Постройте качественную зависимость первой собственной частоты колебаний балки от жесткости пружины.

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

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. Численный критерий потери устойчивости при расчете диаграммы нагружения в нелинейном анализе:

Ответы:

а) расходимость итерационного процесса б) сходимость итерационного процесса в) решение теоретически за конечное число операций

Верный ответ: а)

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»