

**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:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

В.Э. Цой

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

(подпись)

Е.В. Позняк

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

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

(подпись)

И.В.
Меркурьев

(расшифровка
подписи)

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-1 способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки

2. ПК-1 способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии

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				
Введение в программный комплекс ANSYS		+	+	+
Решение задач механики сплошной среды методом конечных разностей				

Решение задач механики сплошной среды методом конечных разностей	+		+
Вес КМ:	20	30	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
	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
ОПК-1	ОПК-1(Компетенция)	Знать: - принципы разработки цифровых моделей конструкций с применением МКЭ - сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, опасности и угрозы, возникающие в этом процессе Уметь: • проводить динамический расчет конструкций методом конечных элементов в ПК ANSYS • проводить расчет конструкций на устойчивость в линейной и нелинейной постановке с применением ПК ANSYS	Тест 1. Особенности расчета устойчивости балок МКЭ (Тестирование) Расчет устойчивости балок МКЭ (Контрольная работа) Численные методы анализа сложных конструкций (Коллоквиум)
ПК-1	ПК-1(Компетенция)	Знать: - постановку частичной проблемы собственных	Тест 1. Особенности расчета устойчивости балок МКЭ (Тестирование) Расчет устойчивости балок МКЭ (Контрольная работа) Численные методы анализа сложных конструкций (Коллоквиум)

		значений в МКЭ - основы метода конечных разностей Уметь: • создавать цифровые модели конструкций в программном комплексе ANSYS - применять метод конечных разностей для решения задач механики сплошной среды - соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны	
--	--	---	--

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:

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	1.5. К какому типу нелинейности принадлежит явление потери устойчивости упругих систем?
Знать: - сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, опасности и угрозы, возникающие в этом процессе	1.1. К какой математической задаче сводится линейный анализ устойчивости конструкций? 2. Какой эффект учитывает матрица геометрической жесткости в задачах устойчивости стержней?
Уметь: • создавать цифровые модели конструкций в программном комплексе ANSYS	1.1. Дайте определение критической нагрузки в задаче потери устойчивости. 2.2. Объясните разницу между линейным и нелинейным анализом потери устойчивости с точки зрения численного решения.

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: 30

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: - постановку частичной проблемы собственных значений в МКЭ

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

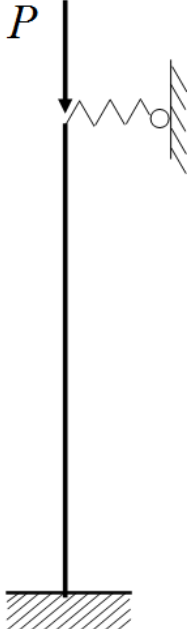


Figure 1 Постройте зависимость критической силы от жесткости пружины. Сравните результаты расчета предельных случаев с решениями Эйлера.

2.Задача 3
Постройте зависимость критической силы от параметра жесткости

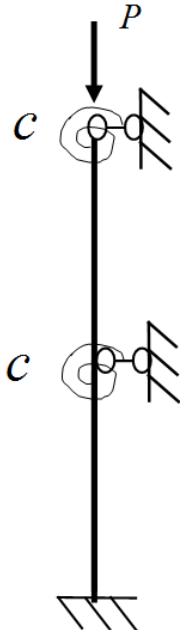


Figure 2 Постройте зависимость критической силы от параметра жесткости

Уметь: • проводить

1.Задача 4

динамический расчет
конструкций методом конечных
элементов в ПК ANSYS

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

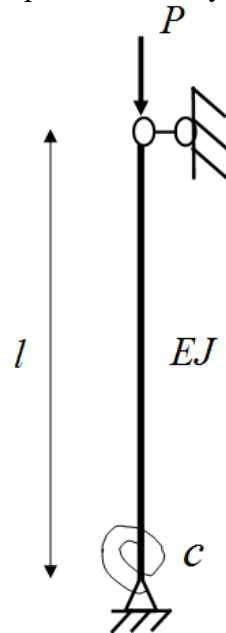


Figure 3 Постройте зависимость критической
силы от жесткости пружины.
Сравните результаты расчета
предельных случаев с решениями Эйлера

2.Задача 6

Постройте зависимость критической
силы от жесткости пружины.

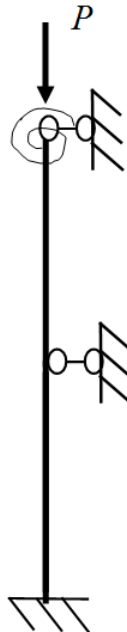


Figure 4 Постройте зависимость критической
силы от жесткости пружины.

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.

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 разностей	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: • проводить динамический расчет конструкций методом конечных элементов в ПК ANSYS	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 расчет конструкций на устойчивость в линейной и нелинейной постановке с применением ПК ANSYS	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: - применять метод конечных разностей для решения задач механики сплошной среды	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: - соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны	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 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.

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

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

1. Компетенция/Индикатор: ОПК-1(Компетенция)

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 $u_t + vu_x = 0 \quad (v > 0)$

2.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.

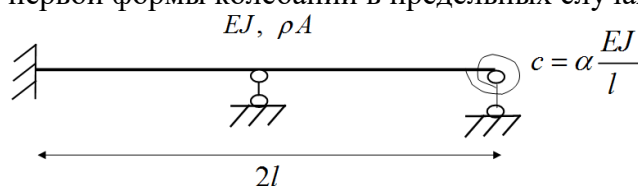


Figure 5 1.Постройте качественную зависимость первой собственной частоты колебаний балки от жесткости пружины.

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

3.5 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?

4.7 В чем состоит принципиальное отличие явных и неявных разностных схем решения параболических и гиперболических задач?

8. Дайте любое определение устойчивости разностной схемы.

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

Ответы:

а) совпадающие б) сверху в) снизу

Верный ответ: б)

3.Для систем с большим числом степеней свободы в задаче о собственных колебаниях решают:

Ответы:

а) полную проблему собственных значений б) частичную проблему собственных значений в) уравнения динамики с начальными условиями

Верный ответ: б)

4.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)

5.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)

6.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)

7.В линейном анализе расчет критической нагрузки по МКЭ дает оценки, идущие

Ответы:

а) в запас по устойчивости б) не в запас по устойчивости в) в запас прочности

Верный ответ: б)

8.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)

2. Компетенция/Индикатор: ПК-1(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.

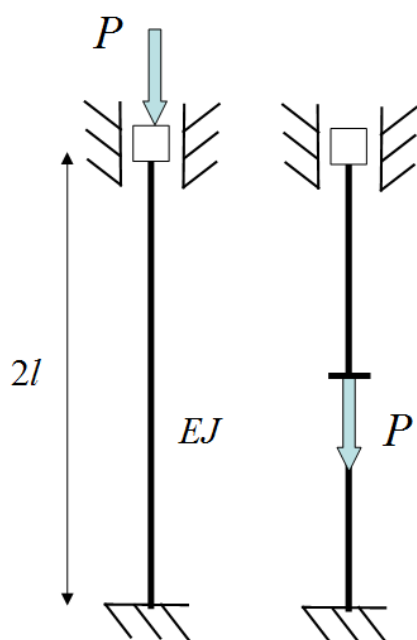


Figure 6 Сравните оценки значения критической силы P для приведенных вариантов нагружения стержня. Изобразите качественный вид форм потери устойчивости.

3. Задача 4

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

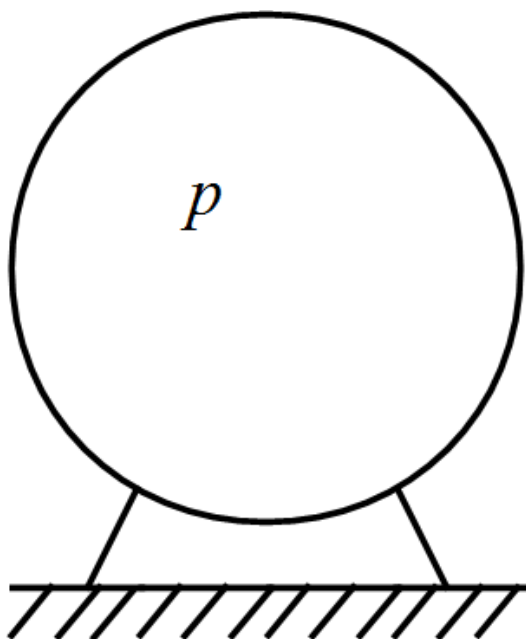


Figure 7 Спроектируйте тонкостенный сферический резервуар минимального веса, способный выдержать давление газа .
Как изменится решение, если назначить фиксированный объем резервуара?

4.4. 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. 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)

4. 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)

5.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)

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.

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 поправки 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.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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