

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

Направление подготовки/специальность: 15.03.03 Прикладная механика

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

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Вычислительная механика 2**

**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. ОПК-6 умением собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии
2. ОПК-10 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
3. ПК-3 готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям
4. ПК-4 готовностью выполнять научно-исследовательские работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний
5. ПК-5 способностью составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации
6. ПК-6 способностью применять программные средства компьютерной графики и визуализации результатов научно-исследовательской деятельности, оформлять отчеты и презентации, готовить рефераты, доклады и статьи с помощью современных офисных информационных технологий, текстовых и графических редакторов, средств печати

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет динамики балок методом конечных элементов (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Коллоквиум по методам решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизации конструкций (Коллоквиум)
2. Тест. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций (Тестирование)

БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	4	8	12
Метод конечных элементов в задачах динамики машин и конструкций				
Метод конечных элементов в задачах динамики машин и конструкций		+	+	
Численное решение задач с начальными данными				
Численное решение задач с начальными данными		+	+	
Методы решения одномерных линейных и нелинейных задач механики				
Методы решения одномерных линейных и нелинейных задач механики		+	+	+
Введение в методы оптимизации конструкций				
Введение в методы оптимизации конструкций				+
Вес КМ:		30	30	40

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

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-6	ОПК-6(Компетенция)	Знать: основные этапы поиска, обработки и анализа информации с помощью программных продуктов Уметь: анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	Тест. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций (Тестирование) Расчет динамики балок методом конечных элементов (Контрольная работа)
ОПК-10	ОПК-10(Компетенция)	Знать: методы численного решения краевых задач механики Уметь: самостоятельно работать, принимать решения в рамках своей профессиональной деятельности	Тест. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций (Тестирование)
ПК-3	ПК-3(Компетенция)	Знать: методы расчетно-экспериментального анализа задач прикладной	Расчет динамики балок методом конечных элементов (Контрольная работа) Коллоквиум по методам решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизации конструкций (Коллоквиум)

		механики Уметь: использовать информацию о новых компьютерных технологиях для выбора пути исследования прочности и надежности машин и оборудования	
ПК-4	ПК-4(Компетенция)	Знать: методы моделирования задач с начальными данными Уметь: разрабатывать расчетные модели для анализа реакции объектов современной техники на различного рода воздействия	Тест. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций (Тестирование) Коллоквиум по методам решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизации конструкций (Коллоквиум)
ПК-5	ПК-5(Компетенция)	Знать: основные подходы конечно-элементного моделирования стационарных и нестационарных задач механики Уметь: критически относиться к получаемым результатам и рассуждениям оппонентов, публично выступать, аргументировано вести дискуссию и полемику	Тест. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций (Тестирование) Расчет динамики балок методом конечных элементов (Контрольная работа)

ПК-6	ПК-6(Компетенция)	Знать: основные программные средства для моделирования и анализа задач профессиональной деятельности Уметь: анализировать и оформлять результаты научно-исследовательской работы	Расчет динамики балок методом конечных элементов (Контрольная работа) Коллоквиум по методам решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизации конструкций (Коллоквиум)
------	-------------------	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Тест. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты отвечают на два вопроса случайным образом полученного билета после пятиминутной подготовки.

Краткое содержание задания:

Объяснить зависимость собственных частот от параметров конструкции и описать особенности применяемого к решению численного алгоритма

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные этапы поиска, обработки и анализа информации с помощью программных продуктов	1. На основании каких данных строится спектр отклика на сейсмическое воздействие?
Знать: методы численного решения краевых задач механики	1. 1. Какую проблему собственных значений решают для систем с большим числом степеней свободы? 2. Какую задачу о собственных колебаниях решает метод итераций в подпространстве?
Знать: методы моделирования задач с начальными данными	1. Как влияет уточнение кэ-модели на значения собственных частот?
Уметь: самостоятельно работать, принимать решения в рамках своей профессиональной деятельности	1.. Изложите последовательность расчета конструкций на сейсмостойкость с использованием спектров отклика
Уметь: критически относиться к получаемым результатам и рассуждениям оппонентов, публично выступать, аргументировано вести дискуссию и полемику	1. Напишите фрагмент кода нормировки собственных форм колебаний в системе Matlab.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Грамотные ответы на оба вопроса

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Неправильный ответ хотя бы на один вопрос

КМ-2. Расчет динамики балок методом конечных элементов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

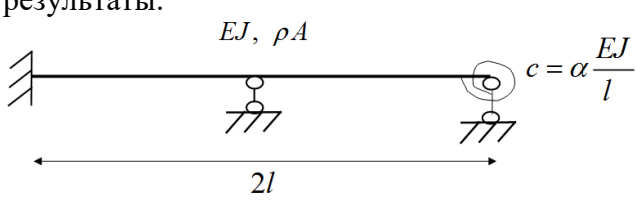
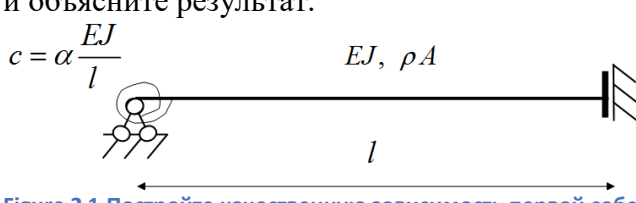
Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

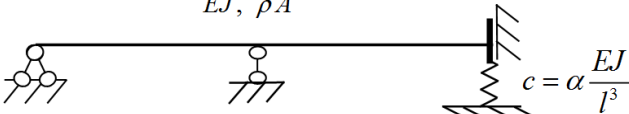
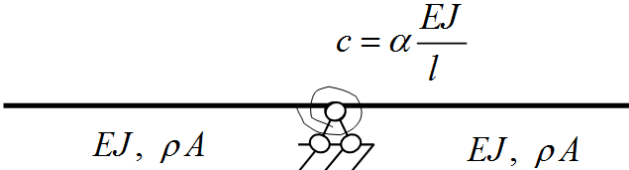
Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают индивидуальные варианты задачи для письменного решения

Краткое содержание задания:

- Построить зависимость первой собственной частоты колебаний балки от жесткости пружины и нарисовать график.
Сравнить полученную оценку с «точным» решением.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные подходы конечно-элементного моделирования стационарных и нестационарных задач механики	1.1.Схема 1 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.Сравните полученные оценки с «точными» решениями и объясните результаты.  Figure 1 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.Сравните полученные оценки с «точными» решениями и объясните результаты. .
Знать: основные программные средства для моделирования и анализа задач профессиональной деятельности	1.Схема 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.Сравните полученную оценку при «точным» решением и объясните результат.  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. 3.Сравните полученную оценку при с «точным» решением и объясните результат.
Уметь: анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	1.Схема10 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.Сравните полученную оценку при $c=\inf$ с «точным» решением и объясните результат. $EJ, \rho A$  $c = \alpha \frac{EJ}{l^3}$ 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. 3.Сравните полученную оценку при $c=\inf$ с «точным» решением и объясните результат.
Уметь: использовать информацию о новых компьютерных технологиях для выбора пути исследования прочности и надежности машин и оборудования	1.Схема 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. 3.Сравните оценки частот с «точными» решениями и объясните полученный результат. $c = \alpha \frac{EJ}{l}$  $EJ, \rho A$ $EJ, \rho A$ Figure 4 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.Сравните оценки частот с «точными» решениями и объясните полученный результат.
Уметь: анализировать и оформлять результаты научно-исследовательской работы	1.Схема 9 1.Постройте качественные зависимости первых двух собственных частот колебаний системы от жесткости пружины. Объясните результаты,

	полученные в предельных случаях. 2. Сравните оценки первой частоты в предельных случаях с «точными» решениями и объясните полученный результат. $c = \alpha \frac{EJ}{l^3}$ Figure 5 1. Постройте качественные зависимости первых двух собственных частот колебаний системы от жесткости пружины. Объясните результаты, полученные в предельных случаях. 2. Сравните оценки первой частоты в предельных случаях с «точными» решениями и объясните полученный результат.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 100

Описание характеристики выполнения знания: Полное решение без ошибок

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Верное решение с незначительными погрешностями, требующими исправлений

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Ход решения верный, но допущенная ошибка привела к неверному результату

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Неверный способ решения, грубые ошибки.

КМ-3. Коллоквиум по методам решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизации конструкций

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студент получает билет с двумя вопросами, готовится 10 минут и устно отвечает. При необходимости могут быть добавлены письменные комментарии.

Краткое содержание задания:

Дать содержательные краткие ответы на вопросы по методам решения уравнений движения, краевых задач и оптимального проектирования конструкций

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы расчетно-экспериментального анализа задач прикладной механики	1.13. Объясните разницу понятий «условный оптимум» и «безусловный оптимум». 14. На основании какого признака можно судить о том, что симплекс попал в окрестность экстремума?
---	---

Уметь: разрабатывать расчетные модели для анализа реакции объектов современной техники на различного рода воздействия	1.12. Где располагается условный экстремум целевой функции в задачах оптимизации с ограничениями-неравенствами? 13. Предложите алгоритм решения системы нелинейных алгебраических уравнений, принципиально отличающийся от метода линеаризации Ньютона.
Уметь: анализировать и оформлять результаты научно-исследовательской работы	1.1. Для решения какого типа краевых задач неприменим классический метод стрельбы? 2. Какого правила следует придерживаться при аппроксимации производных в дифференциальном уравнении и граничных условиях 2-го и 3-го рода разностными соотношениями?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Грамотные ответы на оба вопроса

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Неверный ответ хотя бы на один вопрос

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

 Кафедра: РМДПМ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ по дисциплине «Вычислительная механика 2» Институт энергомашиностроения и механики	Утверждаю: зав. кафедрой _____.202__
	1. Как расчетным путем убедиться, что конструкция имеет способность к жестким смещениям? 2. Как влияет уточнение <u>кз</u>-модели конструкции на расчетные оценки собственных частот? 3. Решите методом конечных разностей краевую задачу на сетке с двумя внутренними узлами $y'' - 2y = 1, 0 \leq x \leq 3, y'(0) = 1, y(3) = 2.$	

Процедура проведения

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

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

1. Компетенция/Индикатор: ОПК-6(Компетенция)

Вопросы, задания

1.

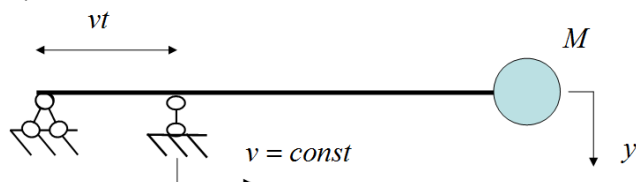


Figure 6 Напишите программу, которая позволит определить скорость массы M в момент, когда опора достигнет середины пролета балки.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. При использовании процедуры *eig* системы Matlab в решении задачи о собственных колебаниях в программный модуль следует включить фрагмент:

Ответы:

а) решения частотного уравнения б) определения форм колебаний в) нормировки вычисляемых собственных векторов с матрицей инерции

Верный ответ: в)

2. Компетенция/Индикатор: ОПК-10(Компетенция)

Вопросы, задания

1.Решение нелинейных краевых задач методом конечных разностей в комбинации с алгоритмом линеаризации Ньютона.

Алгоритм Н.Н.Калиткина решения нелинейных краевых задач на последовательности сгущаемых сеток.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.С ростом номера собственной частоты погрешность ее оценки методом конечных элементов

Ответы:

а) возрастает б) снижается в) остается на прежнем уровне

Верный ответ: а)

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

Вопросы, задания

1.

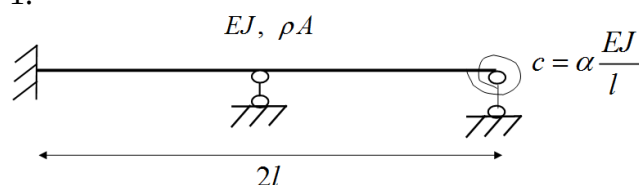


Figure 7 1. Постройте качественную зависимость первой собственной частоты колебаний балки от жесткости пружины.

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

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Для симметричной балки с центральной упругой опорой (линейной пружиной) определяются три первые собственные частоты изгибных колебаний. Вторая частота с увеличением жесткости пружины:

Ответы:

а) увеличивается б) уменьшается в) остается прежней

Верный ответ: в)

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

Вопросы, задания

1. Численный расчет низших собственных частот и форм колебаний инженерных конструкций. Точность оценок собственных значений и собственных векторов вблизи решения.

Оценка сейсмостойкости сооружений с использованием спектров отклика.

Материалы для проверки остаточных знаний

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

Ответы:

а) совпадающие б) завышенные в) заниженные

Верный ответ: б)

2. 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)

3. Чтобы воспользоваться спектром отклика для оценки сейсмостойкости сооружения, необходимо предварительно оценить:

Ответы:

а) несколько низших собственных частот и форм колебаний конструкции б) перемещения конструкции при сейсмическом воздействии в) скорости конструкции при сейсмическом воздействии

Верный ответ: а)

5. Компетенция/Индикатор: ПК-5(Компетенция)

Вопросы, задания

1. Постановка задачи оптимального проектирования конструкций.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. С увеличением жесткости системы собственные частоты:

Ответы:

а) остаются неизменными б) увеличиваются в) уменьшаются

Верный ответ: б)

2. С увеличением массы системы собственные частоты:

Ответы:

а) остаются неизменными б) увеличиваются в) уменьшаются

Верный ответ: в)

6. Компетенция/Индикатор: ПК-6(Компетенция)

Вопросы, задания

1.

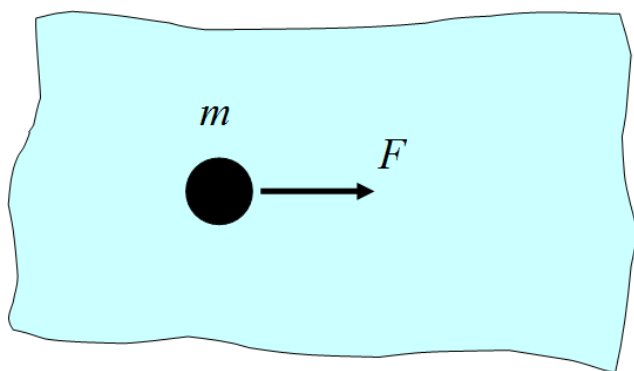


Figure 8 Составьте программу, которая позволит определить скорость движения объекта в момент, когда его масса уменьшится вдвое.

Материалы для проверки остаточных знаний

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

Ответы:

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

Верный ответ: б)

2. 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)

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: 75

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.