

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

**Направление подготовки/специальность: 15.03.06 Мехатроника и робототехника**

**Наименование образовательной программы: Робототехнические устройства**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Заочная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Вычислительная механика**

**Москва  
2025**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|  |                                                    |                             |
|--|----------------------------------------------------|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                             |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                             |
|  | Владелец                                           | Очков В.Ф.                  |
|  | Идентификатор                                      | Rd91184b2-OchkovVF-1531e2ff |

В.Ф. Очков

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|  |                                                    |                               |
|--|----------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец                                           | Долбикова Н.С.                |
|  | Идентификатор                                      | Re789edb1-DolbikovaNS-479113b |

Н.С.  
Долбикова

Заведующий  
выпускающей кафедрой

|  |                                                    |                            |
|--|----------------------------------------------------|----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                            |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                            |
|  | Владелец                                           | Мезин С.В.                 |
|  | Идентификатор                                      | R420ae592-MezinSV-dc40cfee |

С.В. Мезин

## 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 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности  
ИД-5 Применяет математический аппарат численных методов
2. ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности  
ИД-1 Использует современные языки и системы программирования для решения профессиональных задач  
ИД-2 Применяет современные математические пакеты для моделирования и исследования динамики систем, управляемого движения мехатронных и робототехнических устройств

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. МКЭ (Контрольная работа)
2. Общие вопросы и обработка результатов эксперимента (Контрольная работа)
3. Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование (Контрольная работа)
4. Расчет динамики балок методом конечных элементов (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Машинные вычисления (Коллоквиум)
2. Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизация конструкций (Коллоквиум)
3. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

### 5 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Общие вопросы и обработка результатов эксперимента (Контрольная работа)
- КМ-2 Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование (Контрольная работа)
- КМ-3 Машинные вычисления (Коллоквиум)
- КМ-4 МКЭ (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Раздел дисциплины                                                         | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                                                                           | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|                                                                           | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 12   | 15   |
| Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики |                                 |      |      |      |      |
| Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики | +                               |      |      | +    |      |
| Методы обработки числовых данных                                          |                                 |      |      |      |      |
| Методы обработки числовых данных                                          | +                               |      |      | +    |      |
| Решение систем линейных алгебраических уравнений                          |                                 |      |      |      |      |
| Решение систем линейных алгебраических уравнений                          |                                 |      | +    | +    |      |
| Решение нелинейных алгебраических уравнений                               |                                 |      |      |      |      |
| Решение нелинейных алгебраических уравнений                               |                                 |      | +    | +    |      |
| Методы расчета собственных значений                                       |                                 |      |      |      |      |
| Методы расчета собственных значений                                       |                                 |      |      | +    | +    |
| Основы метода конечных элементов на примере расчета стержневых систем     |                                 |      |      |      |      |
| Основы метода конечных элементов на примере расчета стержневых систем     |                                 |      |      |      | +    |
| Вес КМ:                                                                   |                                 | 20   | 20   | 35   | 25   |

### 6 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-5 Расчет динамики балок методом конечных элементов (Контрольная работа)
- КМ-6 Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций (Контрольная работа)
- КМ-7 Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизация конструкций (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Раздел дисциплины                                               | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|
|                                                                 | Индекс КМ:                      | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 |
|                                                                 | Срок КМ:                        | 5    | 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 |

## 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              | ИД-5 <sub>ОПК-1</sub> Применяет математический аппарат численных методов                                         | Знать:<br>основы метода конечных элементов<br>методы моделирования задач с начальными данными<br>методы численного решения краевых задач механики<br>Уметь:<br>разрабатывать расчетные модели для анализа реакции объектов современной техники на различного рода воздействия<br>осуществлять все этапы вычислительного эксперимента | КМ-1 Общие вопросы и обработка результатов эксперимента (Контрольная работа)<br>КМ-3 Машинные вычисления (Коллоквиум)<br>КМ-4 МКЭ (Контрольная работа)<br>КМ-5 Расчет динамики балок методом конечных элементов (Контрольная работа)<br>КМ-6 Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций (Контрольная работа) |
| ОПК-4              | ИД-1 <sub>ОПК-4</sub> Использует современные языки и системы программирования для решения профессиональных задач | Знать:<br>основы Информационных технологий<br>Уметь:<br>самостоятельно работать, принимать решения в                                                                                                                                                                                                                                 | КМ-2 Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование (Контрольная работа)<br>КМ-3 Машинные вычисления (Коллоквиум)<br>КМ-7 Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизация конструкций (Коллоквиум)                                                                                                   |

|       |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                                                                                                                           | <p>рамках своей профессиональной деятельности использовать информацию о новых компьютерных технологиях для выбора пути исследования прочности и надежности машин и оборудования анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования</p> |                                                                                                                                                                 |
| ОПК-4 | <p>ИД-2<sub>ОПК-4</sub> Применяет современные математические пакеты для моделирования и исследования динамики систем, управляемого движения мехатронных и робототехнических устройств</p> | <p>Знать:<br/>алгоритмы математического и компьютерного моделирования механических систем и процессов<br/>Уметь:<br/>аналитически ставить задачи механики и иметь навыки в построении расчетных моделей</p>                                                                                       | <p>КМ-1 Общие вопросы и обработка результатов эксперимента (Контрольная работа)<br/>КМ-3 Машинные вычисления (Коллоквиум)<br/>КМ-4 МКЭ (Контрольная работа)</p> |

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### 5 семестр

#### КМ-1. Общие вопросы и обработка результатов эксперимента

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты тянут билеты с двумя вопросами и готовят письменные ответы.

#### Краткое содержание задания:

Вычисления в плавающей арифметике и методы обработки опытных данных

#### Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                              | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                |     |     |     |     |     |   |   |   |     |     |     |     |     |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Знать: алгоритмы математического и компьютерного моделирования механических систем и процессов | 1.Что служит параметром аппроксимации кривых параметрическим сплайном?<br>2.Сколько параметров имеет кубический сплайн, интерполирующий 6 значений табличной функции?                                                                       |     |     |     |     |     |   |   |   |     |     |     |     |     |     |
| Уметь: осуществлять все этапы вычислительного эксперимента                                     | 1.Найдите линейное приближение МНК набора данных: <table><tr><td>x</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>y</td><td>0.8</td><td>1.9</td><td>3.1</td><td>4.3</td><td>5.0</td><td>5.8</td></tr></table> | x   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5 | 6 | y | 0.8 | 1.9 | 3.1 | 4.3 | 5.0 | 5.8 |
| x                                                                                              | 1                                                                                                                                                                                                                                           | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |   |   |   |     |     |     |     |     |     |
| y                                                                                              | 0.8                                                                                                                                                                                                                                         | 1.9 | 3.1 | 4.3 | 5.0 | 5.8 |   |   |   |     |     |     |     |     |     |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Исчерпывающие ответы с одной-двумя описками, не влияющими на решение

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* В целом грамотные ответы на оба вопроса, но требующие дополнений

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Туманные ответы на оба вопроса, требующие существенных уточнений

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

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

#### КМ-2. Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 20**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменные ответы на вопросы билетов, распределенных случайным образом.

**Краткое содержание задания:**

Найдите правильные ответы на вопросы по основам вычислительной математики и применению численных методов к задачам обработки данных

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                        | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                |     |     |     |     |   |   |   |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|
| Знать: основы Информационных технологий                                                                                                  | 1.Придумайте числовые матрицы такие, чтобы их числа обусловленности отличались на три порядка<br>2.Сколько членов бесконечного ряда имеет смысл учитывать в арифметике с округлениями?<br>3.От каких параметров зависит погрешность аппроксимации первой производной центральной разностью? |     |     |     |     |   |   |   |   |
| Уметь: анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования                     | 1.Напишите формулу, по которой вычисляется кубический корень из действительного числа методом Ньютона                                                                                                                                                                                       |     |     |     |     |   |   |   |   |
| Уметь: использовать информацию о новых компьютерных технологиях для выбора пути исследования прочности и надежности машин и оборудования | 1.<br>1. Прогиб балки известен в точках<br><table border="1"><tr><td>x</td><td>1</td><td>1,2</td><td>1,4</td></tr><tr><td>y</td><td>2</td><td>4</td><td>3</td></tr></table><br><br>Оцените угол поворота сечения в точке $x=1,16$                                                           | x   | 1   | 1,2 | 1,4 | y | 2 | 4 | 3 |
| x                                                                                                                                        | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1,2 | 1,4 |     |     |   |   |   |   |
| y                                                                                                                                        | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 4   | 3   |     |     |   |   |   |   |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: «зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания:* Исчерпывающие ответы с одной-двумя описками, не влияющими на решение или в целом грамотные ответы на вопросы, но требующие дополнений

*Оценка: «не зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания:* Туманные ответы на вопросы, требующие существенных уточнений или неверный ответ хотя бы на один вопрос

**КМ-3. Машинные вычисления**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 35**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает билет с двумя вопросами и после короткой подготовки (примерно 5-10 мин) дает устный ответ. При необходимости с краткими письменными пояснениями. Наводящие вопросы не практикуются.

**Краткое содержание задания:**

Необходимо дать краткие, но содержательные ответы по существу вопросов (так называемые, “коридорные” ответы)

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                     | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Знать: методы численного решения краевых задач механики</p>                                        | <p><b>1. Особенности машинных вычислений и алгоритмы обработки данных</b></p> <p>1. Предложите все известные Вам способы проверки полученного численного результата.</p> <p>2. Объясните природу вычислительной погрешности при операциях с действительными числами в плавающих системах.</p> <p>3. Какие параметры компьютера определяют точность вычислений?</p> <p><b>Вычислительная линейная алгебра</b></p> <p>12. Почему ортогональные матрицы являются эффективным инструментом вычислительной математики?</p> <p><b>Метод конечных элементов</b></p> <p>24. В каком смысле следует понимать выражение «кусочная аппроксимация» решения по расчетной области?</p> <p>25. Какие характеристики элемента связывает матрица жесткости?</p> |
| <p>Знать: основы Информационных технологий</p>                                                        | <p>1.13. Перечислите три основных составляющих любого итерационного алгоритма.</p> <p>14. В чем состоит основная проблема использования метода Ньютона для отыскания корней нелинейных уравнений?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>Знать: алгоритмы математического и компьютерного моделирования механических систем и процессов</p> | <p>1.26. Какой смысл имеют компоненты третьего столбца матрицы жесткости балочного элемента?</p> <p>27. Какой смысл имеют компоненты четвертого столбца матрицы жесткости балочного элемента?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>Уметь: осуществлять все этапы вычислительного эксперимента</p>                                     | <p>1.3. Каким образом оценить скорость изменения процесса, если данные о нем получены из эксперимента с заметным разбросом?</p> <p>4. Приведите пример, иллюстрирующий утверждение, что численное дифференцирование является плохо</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                        | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                          | обусловленным процессом.<br>5. Каким образом можно получить априорную оценку погрешности центральной разностной аппроксимации первой производной?                                                                                                                                                                                                                          |
| Уметь: разрабатывать расчетные модели для анализа реакции объектов современной техники на различного рода воздействия                    | 1.17. Сформулируйте критерии практической сходимости алгоритмов решения задачи на собственные значения, основанных на преобразованиях подобия.<br>18. Что можно сказать о точности оценок собственных значений и собственных векторов при использовании преобразований подобия над исходной матрицей?                                                                      |
| Уметь: анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования                     | 1.9. Для каких систем уравнений по величине невязки можно судить о величине ошибки?<br>10. Для каких систем уравнений по величине невязки нельзя судить о величине ошибки?                                                                                                                                                                                                 |
| Уметь: использовать информацию о новых компьютерных технологиях для выбора пути исследования прочности и надежности машин и оборудования | 1.11. Для каких систем уравнений относительная погрешность решения методом Гаусса имеет порядок, близкий к точности вычислительного устройства?<br>12. Как оценить обусловленность квадратной матрицы по ее спектру?<br>13. Поясните природу задачи на собственные значения.<br>14. Почему собственные значения матрицы являются корнями ее характеристического уравнения? |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: «зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания:* Даны грамотные ответы, понятные задавшему вопросы "в коридоре".

*Оценка: «не зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания:* Ответов нет или они не по существу

#### КМ-4. МКЭ

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают билеты с двумя вопросами и дают письменные ответы.

#### Краткое содержание задания:

Основы метода конечных элементов в расчетах стержневых конструкций

#### Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                     | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: разрабатывать расчетные модели для анализа реакции объектов современной техники на различного рода воздействия | 1. Составьте глобальную матрицу жесткости модели из трех элементов<br>2. Составьте глобальную матрицу жесткости при наличии упругой связи                                                   |
| Уметь: аналитически ставить задачи механики и иметь навыки в построении расчетных моделей                             | 1. Определите максимальный прогиб шарнирно опертой балки<br>2. Составить конечно-элементную модель заданной конструкции<br>3. Составить глобальную матрицу инерции модели из трех элементов |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Исчерпывающие ответы с одной-двумя описками, не влияющими на решение*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: В целом грамотные ответы на оба вопроса, но требующие дополнений*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Туманные ответы на оба вопроса, требующие существенных уточнений*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

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

#### 6 семестр

#### КМ-5. Расчет динамики балок методом конечных элементов

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

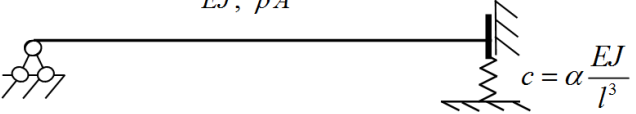
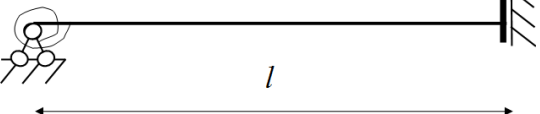
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают индивидуальные варианты задачи для письменного решения.

#### 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:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|---------------------------------------------------|------------------------------|
|                                                   |                              |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Знать: основы метода конечных элементов</p>    | <p>1.Схема 4</p> <p>1.Постройте качественную зависимость первой собственной частоты колебаний балки от жесткости пружины.</p> <p>2.Оцените значения частоты и нарисуйте примерный вид первой формы колебаний в предельных случаях.</p> <p>3.Сравните полученную оценку при <math>c = \inf</math> с «точным» решением и объясните результат.</p> <p style="text-align: center;"><math>EJ, \rho A</math></p>  <p>Figure 1.1.Постройте качественную зависимость первой собственной частоты колебаний балки от жесткости пружины.</p> <p>2.Оцените значения частоты и нарисуйте примерный вид первой формы колебаний в предельных случаях.</p> <p>3.Сравните полученную оценку при <math>c = \inf</math> с «точным» решением и объясните результат.</p> <p>2.Схема 5</p> <p>1.Постройте качественную зависимость первой собственной частоты колебаний балки от жесткости пружины.</p> <p>2.Оцените значения частоты и нарисуйте примерный вид первой формы колебаний в предельных случаях.</p> <p>3.Сравните полученную оценку при <math>c = \inf</math> с «точным» решением и объясните результат.</p> <p style="text-align: center;"><math>c = \alpha \frac{EJ}{l}</math> <span style="margin-left: 100px;"><math>EJ, \rho A</math></span></p>  <p>Figure 2.1.Постройте качественную зависимость первой собственной частоты колебаний балки от жесткости пружины.</p> <p>2.Оцените значения частоты и нарисуйте примерный вид первой формы колебаний в предельных случаях.</p> <p>3.Сравните полученную оценку при <math>c = \inf</math> с «точным» решением и объясните результат.</p> |

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 100

Описание характеристики выполнения знания: Полное решение без ошибок

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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

*Оценка:* 3 («удовлетворительно»)

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

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

*Оценка:* 2 («неудовлетворительно»)

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

#### **КМ-6. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**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:**

|                                                        |                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Запланированные результаты обучения по дисциплине      | Вопросы/задания для проверки                                                                                   |
| Знать: методы моделирования задач с начальными данными | 1.Какую математическую задачу решают для определения собственных частот и форм колебаний механической системы? |

##### **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-7. Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизация 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:**

|                                                   |                              |
|---------------------------------------------------|------------------------------|
| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|---------------------------------------------------|------------------------------|

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                              | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: самостоятельно работать, принимать решения в рамках своей профессиональной деятельности | <p>1.6. В чем состоит смысл модификации Н.Н.Калиткина классического алгоритма Ньютона решения нелинейных краевых задач?</p> <p>7. Какую задачу решает метод деформируемого многогранника Нелдера-Мида?</p> <p>8. Какими способами изменяется форма регулярного многогранника (симплекса) в алгоритме Нелдера-Мида?</p> <p>2.9. Какими, на Ваш взгляд, достоинствами обладает алгоритм Нелдера-Мида по сравнению с симплексным методом?</p> <p>10. С какой точностью определяется положение экстремума в алгоритме Нелдера-Мида?</p> <p>11. Изложите технологию поиска условного оптимума функции двух переменных графическим методом.</p> |

**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

5 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

## Пример билета

Вопросы:

1. Этапы численного исследования механических систем.
2. Аппроксимация перемещений в МКЭ.

Задачи:

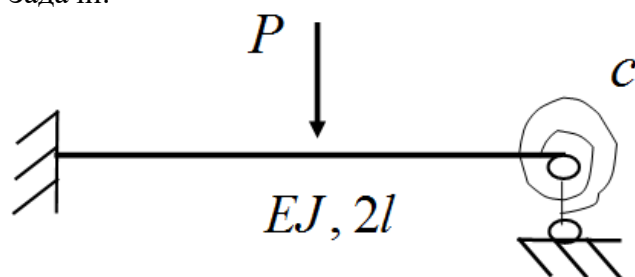


Figure 3 Аппроксимируйте статическое граничное условие на правом конце балки

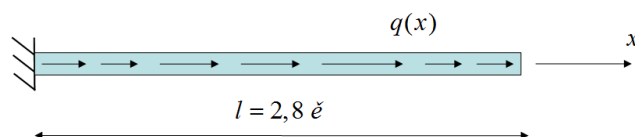


Figure 4 В каких сечениях следует поставить три тензодатчика, чтобы определить наиболее достоверно среднюю деформацию стержня?

## 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-5<sub>ОПК-1</sub> Применяет математический аппарат численных методов

#### Вопросы, задания

1. Вопросы: Сравнение двух подходов к интерполяции: классического и кусочно-кубического.  
Аппроксимация произвольных кривых.  
Сравнение интерполяции и среднеквадратичного приближения как способов обработки экспериментальных данных.  
Иллюстрация трех простейших способов аппроксимации первой производной.  
Обусловленность систем линейных алгебраических уравнений. Два способа введения числа обусловленности матрицы. Примеры обусловленности различного вида матриц.  
Влияние погрешностей округления на решение систем линейных уравнений методом Гаусса. Оценки Дж. Уилкинсона.

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Во сколько раз изменится погрешность оценки производной с помощью центральной разностной аппроксимации, если шаг сетки уменьшить в 3 раза?

Ответы:

а) 3 б) 9 в) 6

Верный ответ: б)

2. Минимальное и максимальное собственные значения матрицы системы алгебраических уравнений равны соответственно 3,21 и 3210. Оцените число верных цифр в ответе при решении системы методом Гаусса на компьютере с параметрами

Ответы:

а) 3 б) 5 в) 4

Верный ответ: в)

3. Формула Симпсона точна для интегрирования многочленов степени

Ответы:

а) 4 б) 3 в) 5

Верный ответ: б)

4. Асимптотические оценки собственных значений и собственных векторов при использовании преобразований подобия получаются:

Ответы:

а) одинакового порядка б) собственные значения точнее, чем собственные векторы в) собственные векторы точнее, чем собственные значения

Верный ответ: б)

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-4</sub> Использует современные языки и системы программирования для решения профессиональных задач

### Вопросы, задания

1. Вопросы: Итерационный подход к решению симметричной алгебраической проблемы собственных значений.

Аппроксимация перемещений в МКЭ.

Механический смысл компонент матрицы жесткости балочного конечного элемента.

Спектральные свойства матриц жесткости стержневых и балочных конечных элементов.

Технология замены распределенной нагрузки эквивалентными узловыми силами (моментами) в МКЭ (на примере балочного элемента).

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. В каком случае весовые коэффициенты не влияют на поведение аппроксимации методом наименьших квадратов данных физического эксперимента?

Ответы:

а) данные в начале процесса измерены более точно, чем в конце б) данные в конце процесса измерены более точно, чем в начале в) все данные получены с одинаковой погрешностью

Верный ответ: в)

2. Пять ординат табличной функции интерполирует многочлен Лагранжа степени:

Ответы:

а) 3 б) 4 в) 5

Верный ответ: б)

3. Кубический сплайн, интерполирующий 6 значений табличной функции, определяется числом параметров (коэффициентов):

Ответы:

а) 15 б) 20 в) 18

Верный ответ: б)

4. Число обусловленности матрицы есть:

Ответы:

а) оценка точности наибольшего собственного значения б) мера близости матрицы к вырожденной в) оценка количества итераций при сведении матрицы к треугольной (диагональной) форме

Верный ответ: б)

5. Относительная невязка и относительная погрешность решения систем уравнений методом Гаусса в арифметике с округлениями связаны:

Ответы:

а) числом обусловленности б) определителем системы в) размерностью системы

Верный ответ: а)

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-4</sub> Применяет современные математические пакеты для моделирования и исследования динамики систем, управляемого движения мехатронных и робототехнических устройств

### Вопросы, задания

#### 1. Задачи

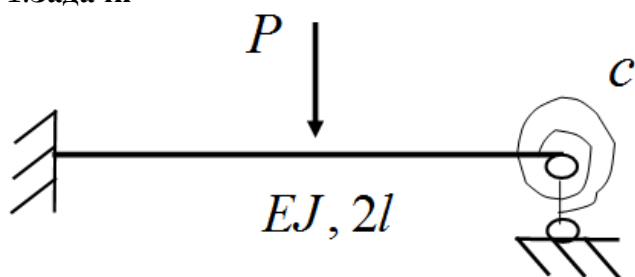


Figure 5 Аппроксимируйте статическое граничное условие на правом конце балки

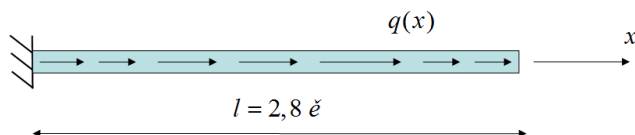


Figure 6 В каких сечениях следует поставить три тензодатчика, чтобы определить наиболее достоверно среднюю деформацию стержня?

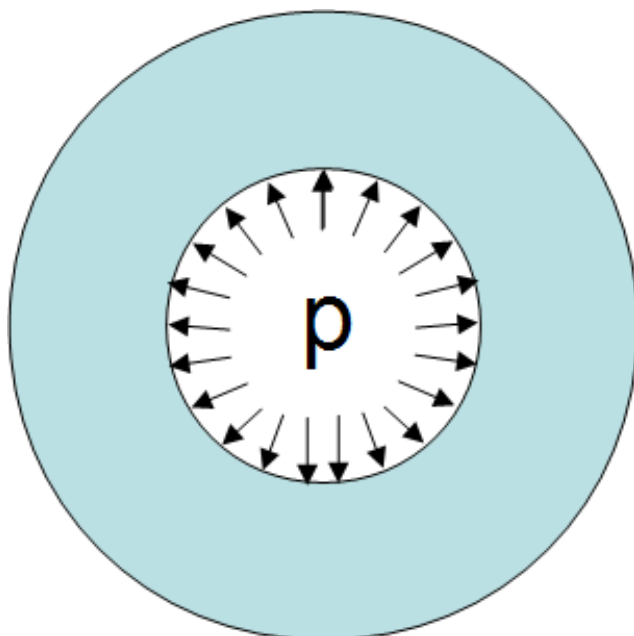


Figure 7 Предложите наилучшее размещение трех датчиков по окружности сечения. Начало отсчета возьмите в нижней точке.

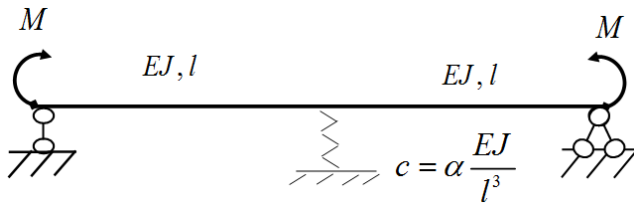


Figure 8 Постройте зависимость реакции в центральной опоре от параметра  $c$

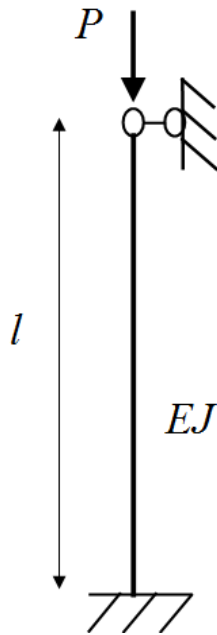


Figure 9 Методом Ньютона оцените величину критической силы с точностью 10-4. Начальное приближение возьмите равным 4,6.

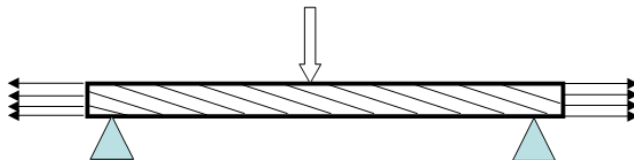
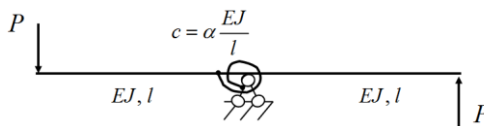


Figure 10 Подберите линейную аппроксимацию зависимости изгибной жесткости стального каната от среднего растягивающего напряжения. Результаты расчета проиллюстрируйте графиками.



Постройте и объясните зависимость прогибов крайних сечений балки от жесткости спиральной пружины.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Оцените число обусловленности диагональной матрицы (10x10) с компонентами 0,025.

Ответы:

а) 25 б) 1 в) 40 г) 10

Верный ответ: б)

2. В параметрических сплайнах параметром служит:

Ответы:

а) длина дуги аппроксимируемой кривой б) накопленная длина хорды в) последовательность абсцисс узлов табличной функции

Верный ответ: б)

3. Число обусловленности ортогональной матрицы равно:

Ответы:

а) 1 б) 0 в) -1

Верный ответ: а)

## **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: 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 («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.

### **6 семестр**

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### **Пример билета**

Вопросы:

Расчет низших собственных частот и форм колебаний инженерных конструкций

## Жесткие задачи и методы их решения

Задача:

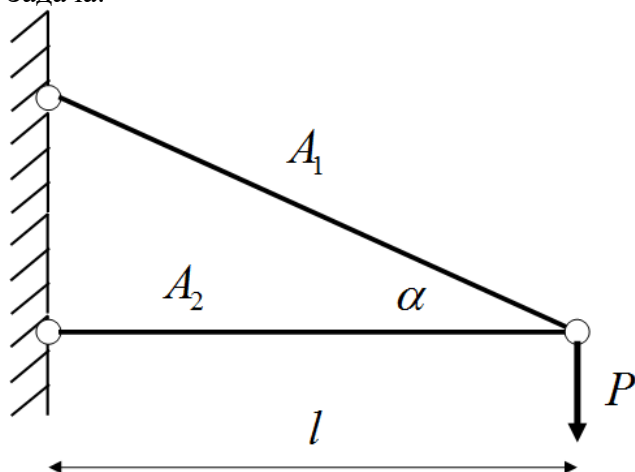


Figure 11 Найти угол  $\alpha$ , при котором вес кронштейна минимален, а стержни удовлетворяют условию прочности

### 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

### 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: 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 («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.