

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

**Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение**

**Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**


**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Специальные главы механики сплошной среды**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Новикова О.В.
	Идентификатор	R2cc3a1e8-NovikovaOV-50471f61

(подпись)

О.В.


Новикова

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Митрохова О.М.
	Идентификатор	R1d0f453c-FichoriakOM-ee811867

(подпись)


О.М.

Митрохова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Грибин В.Г.
	Идентификатор	R44612ca0-GribinVG-8231e2ff

(подпись)

В.Г. Грибин

(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-5 способен рассчитывать элементы энергетических машин и установок с учетом свойств конструкционных материалов, динамических и тепловых нагрузок

ИД-4 Демонстрирует знание основ механики деформируемого тела, теории прочности и усталостного разрушения и проводит расчеты элементов конструкций по заданной методике

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Изгиб балок, лежащих на упругом основании (Контрольная работа)
2. Основы расчета по предельному состоянию (Контрольная работа)
3. Применение МКЭ для расчета стержневых систем (Контрольная работа)
4. Элементы теории ползучести (Контрольная работа)

### БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Изгиб балок, лежащих на упругом основании					
Изгиб балок, лежащих на упругом основании		+			
Основы расчета по предельному состоянию					
Основы расчета по предельному состоянию			+		
Применение метода конечных элементов для расчета стержневых систем					
Применение метода конечных элементов для расчета стержневых систем				+	
Элементы теории ползучести					
Элементы теории ползучести					+
	Вес КМ:	25	25	25	25

§Общая часть/Для промежуточной аттестации§

**БРС курсовой работы/проекта**

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Расчет балки на упругом основании		+			
Расчет по предельному состоянию статически неопределимых стержневых систем			+		
Расчет на прочность и жесткость МКЭ ступенчатого стержня, работающего на растяжение-сжатие				+	
Расчет на прочность и жесткость МКЭ плоской стержневой системы, работающей на изгиб					+
Определение собственных частот и форм свободных изгибных колебаний стержня					+
	Вес КМ:	20	20	20	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-5	ИД-4 <sub>ОПК-5</sub> Демонстрирует знание основ механики деформируемого тела, теории прочности и усталостного разрушения и проводит расчеты элементов конструкций по заданной методике	Знать: принципы создания конечно-элементных математических моделей основных элементов конструкций энергомашиностроения Уметь: проводить расчет балок на упругом основании рассчитывать элементы конструкций по предельному состоянию применять метод конечных элементов для расчета элементов конструкций энергомашиностроения рассчитывать элементы конструкций с учетом ползучести	Изгиб балок, лежащих на упругом основании (Контрольная работа) Основы расчета по предельному состоянию (Контрольная работа) Применение МКЭ для расчета стержневых систем (Контрольная работа) Элементы теории ползучести (Контрольная работа)

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

### КМ-1. Изгиб балок, лежащих на упругом основании

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

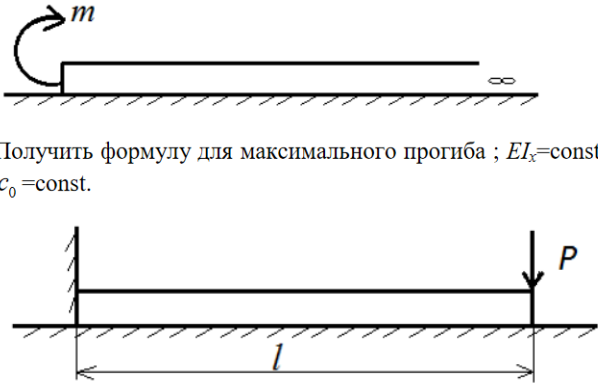
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится в период аудиторных занятий, время на выполнение 45 минут.

#### Краткое содержание задания:

Необходимо решить предложенную задачу по теме "Расчет балок, лежащих на упругом основании"

#### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить расчет балок на упругом основании	 <p>Получить формулу для максимального прогиба ; <math>EI_x = \text{const}</math>; <math>c_0 = \text{const}</math>.</p> <p>1.</p> <p>Определить прогиб правого края балки длиной <math>l</math>, нагруженной силой <math>P</math>. <math>EI_x = \text{const}</math>; <math>c_0 = \text{const}</math>.</p> <p>2.</p>
--	--

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если приведена правильная постановка задачи, указан верный ход решения, но отсутствует верный конечный результат

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если приведена правильная постановка задачи, но есть ошибки в ходе решения и отсутствует конечный результат

## КМ-2. Основы расчета по предельному состоянию

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

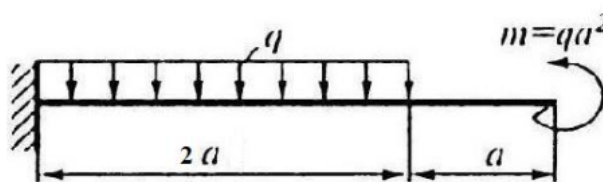
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится в период аудиторных занятий, время на выполнение 45 минут.

**Краткое содержание задания:**

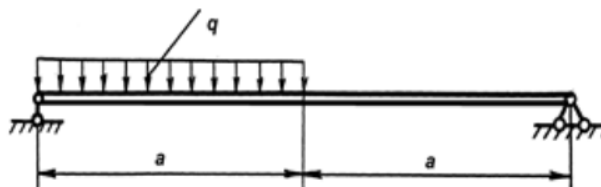
Необходимо решить предложенную задачу по теме "Основы расчета по предельному состоянию"

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: рассчитывать элементы конструкций по предельному состоянию



- Определить опасную (соответствующую появлению текучести) и предельную нагрузки; поперечное сечение – прямоугольник с заданными
1. размерами.



- Определить опасную (соответствующую появлению текучести) и предельную нагрузки; поперечное сечение – прямоугольник с заданными размерами.
- 2.

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если приведена правильная постановка задачи, указан верный ход решения, но отсутствует верный конечный результат

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если приведена правильная постановка задачи, но есть ошибки в ходе решения и отсутствует конечный результат

### КМ-3. Применение МКЭ для расчета стержневых систем

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится в период аудиторных занятий, время на выполнение 45 минут.

#### Краткое содержание задания:

Необходимо решить предложенную задачу по теме "Применение МКЭ для расчета стержневых систем при изгибе"

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: принципы создания конечно-элементных математических моделей основных элементов конструкций энергомашиностроения</p>	<p>1. Как составить конечно-элементную модель конструкции, расчетная схема которой представлена в виде балки, нагруженной заданной внешней нагрузкой</p> <p>2. Как учитываются опорные закрепления при составлении конечно-элементной модели</p>
<p>Уметь: применять метод конечных элементов для расчета элементов конструкций энергомашиностроения</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>1. Используя МКЭ, определить прогиб сечения С.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>2. Используя МКЭ, определить угол поворота правого сечения</p>

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 90

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4



Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если приведена правильная постановка задачи, указан верный ход решения, но отсутствует верный конечный результат

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если приведена правильная постановка задачи, но есть ошибки в ходе решения и отсутствует конечный результат

#### КМ-4. Элементы теории ползучести

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

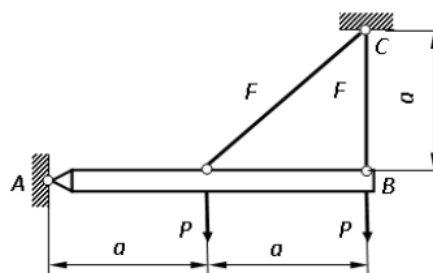
Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий, время на выполнение 45 минут.

Краткое содержание задания:

Необходимо решить предложенную задачу по теме "Установившаяся ползучесть в стержневых системах"

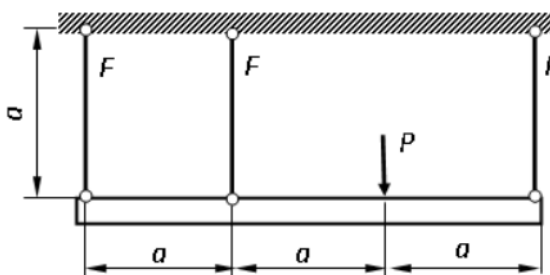
Контрольные вопросы/задания:

Уметь: рассчитывать элементы конструкций с учетом ползучести



Как изменятся напряжения в стержнях при установившейся ползучести? Параметры, указанные на рисунке, а также  $A$ ,  $n$  считать известными.

1.



Как изменятся напряжения в стержнях при установившейся ползучести? Параметры, указанные на рисунке, а также  $A$ ,  $n$  считать известными.

2.

Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если приведена правильная постановка задачи, указан верный ход решения, но отсутствует верный конечный результат*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

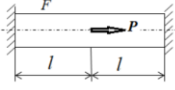
*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если приведена правильная постановка задачи, но есть ошибки в ходе решения и отсутствует конечный результат*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

БИЛЕТ №1	СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ МЕХАНИКИ СЛОШНОЙ СРЕДЫ
<p>1. Сформулировать гипотезу Винклера для расчета балок на упругом основании. Записать дифференциальное уравнение изгиба балки на упругом основании.</p> <p>2. Дать определение ползучести. Какие особенности расчетов на ползучесть?</p>	<p>3. Используя МКЭ построить эпюры <math>N_z, u(z)</math></p> 

## Процедура проведения

Студент получает вариант билета, ответ оформляет в письменной форме. Время на выполнение 90 минут

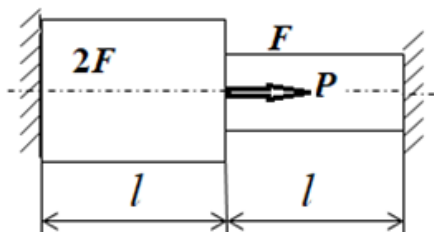
## I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-4<sub>ОПК-5</sub> Демонстрирует знание основ механики деформируемого тела, теории прочности и усталостного разрушения и проводит расчеты элементов конструкций по заданной методике

## Вопросы, задания

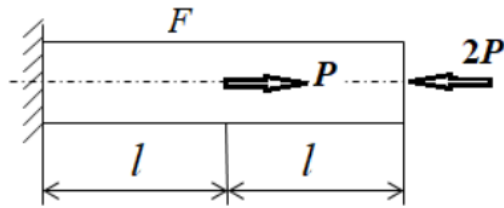
1. Сформулировать гипотезу Винклера для расчета балок на упругом основании. Записать дифференциальное уравнение изгиба балки на упругом основании
2. Что такое предельное состояние конструкции? Дать определение допустимой, опасной и предельной нагрузки
3. Начертить вид эпюр касательных напряжений в опасном сечении, соответствующие допустимому крутящему моменту, предельному крутящему моменту
4. Чему равно предельное значение внутреннего давления в толстостенном цилиндре, соответствующее наступлению предельного состояния
5. Дать определение вектора напряжений. Записать формулы Коши
6. Записать основную систему разрешающих уравнений МКЭ. Как учитываются статические и кинематические граничные условия
7. Описать алгоритм построения глобальных матриц жесткости и инерции

3. Используя МКЭ построить эпюры  $N_z, u(z)$



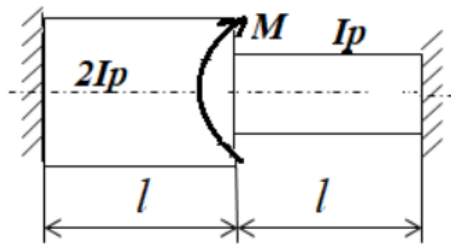
8.

3. Используя МКЭ построить эпюры  $N_z, u(z)$



9.

3. Используя МКЭ построить эпюры  $M_z, \varphi(z)$



10.

11. Сформулировать полную и частичную проблему собственных значений

12. Записать общий вид уравнения состояния при ползучести. Записать степенной закон для скорости деформации при установившейся ползучести

13. Записать характеристики прочности при ползучести

### Материалы для проверки остаточных знаний

Длина краевого эффекта при расчете балок на упругом основании описывается формулой:

а)  $\lambda = \frac{\pi}{k}, k = \sqrt[4]{\frac{c}{4EI}}$ ;

б)  $\lambda = \frac{\mu l}{i}$ ;

в)  $\lambda = \frac{\pi}{k}, k = \sqrt[4]{\frac{Eh}{4DR^2}}$ ;

г)  $\lambda = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma}}$ .

1.

Ответы:

нужно выбрать правильный ответ

Верный ответ: а)

2. В расчетах балки на упругом основании можно рассматривать как бесконечные или полубесконечные:

а) если длина балки меньше длины краевого эффекта;

б) если длина балки больше длины краевого эффекта;

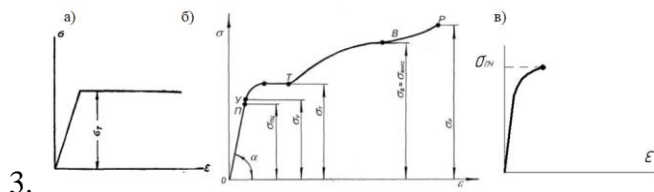
в) если длина балки равна длине краевого эффекта.

Ответы:

нужно выбрать правильные ответы

Верный ответ: б) или в)

Диаграмма Прандтля идеального упруго-пластического тела изображена на рисунке:



3.

Ответы:

нужно выбрать правильный ответ

Верный ответ: а)

Предельная нагрузка, это нагрузка, при которой

- а) напряжение в опасной точке равно пределу текучести  $\sigma_T$ ;
- б) напряжение в опасной точке равно допускаемому напряжению  $[\sigma]$ ;
- в) конструкция переходит в предельное состояние;
- г) напряжение в опасной точке равно пределу пропорциональности  $\sigma_{пл}$ .

4.

Ответы:

нужно выбрать правильный ответ

Верный ответ: в)

5. Допускаемые нагрузки, полученные из расчета по предельному состоянию

- а) всегда выше или равны, чем допускаемые нагрузки, вычисленные из расчета по допускаемым напряжениям;
- б) всегда ниже, чем допускаемые нагрузки, вычисленные из расчета по допускаемым напряжениям;
- в) всегда равны допускаемым нагрузкам, вычисленным из расчета по допускаемым напряжениям

Ответы:

нужно выбрать правильный ответ

Верный ответ: а)

Обобщенный закон Гука в матричном виде имеет вид:

- а)  $\bar{\epsilon} = C \bar{\sigma}$ , где  $C$  – матрица податливости;
- б)  $\bar{\sigma} = D \bar{\epsilon}$ , где  $D$  – матрица упругости;
- в)  $\bar{\epsilon} = B \bar{u}$ , где  $B$  – матрица деформаций;
- г)  $\bar{u} = H \bar{f}$ , где  $H$  – матрица формы.

6.

Ответы:

нужно выбрать правильный ответ

Верный ответ: б)

7. При применении метода конечных элементов максимальная точность вычисления достигается для:

- а) перемещений в узлах;
- б) компонентов деформаций;
- в) компонентов напряжений?

Ответы:

нужно выбрать правильный ответ

Верный ответ: а)

8. Матрица жесткости двух узлового балочного конечного элемента имеет размер

- а)  $2 \times 2$ ;
- б)  $4 \times 4$ ;
- в)  $4 \times 6$ ;
- г)  $6 \times 6$ .

Ответы:

нужно выбрать правильный ответ

Верный ответ: б)

9. Ползучесть материалов это –

- а) явление упрочнения металлов и сплавов вследствие изменения их структуры и фазового состава в процессе пластической деформации при температуре ниже температуры рекристаллизации;
- б) процесс изменения деформаций и (или) напряжений с течением времени (обычно при высоких температурах);
- в) явление возникновения поперечной деформации при продольном нагружении;
- г) явление уменьшения предела упругой деформации после предварительной малой пластической деформации противоположного знака.

Ответы:

нужно выбрать правильный ответ

Верный ответ: б)

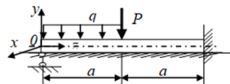
Кривые ползучести – это графики экспериментальной зависимости:

- а) напряжения от времени  $\sigma(t)$  при  $T = const$ ;
- б) напряжения от температуры  $\sigma(T)$  при  $\varepsilon = const$ ;
- в) напряжения от деформации  $\sigma(\varepsilon)$  при  $T = const$ ;
- 10. г) деформации от времени  $\varepsilon(t)$  при  $T = const, \sigma = const$ .

Ответы:

нужно выбрать правильный ответ

Верный ответ: в)



Для заданной балки, лежащей на упругом основании, начальные параметры на левом краю балки будут:

- |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| $v_0 = ?$       | $v_0 = 0$       | $v_0 = 0$       |
| $\varphi_0 = ?$ | $\varphi_0 = 0$ | $\varphi_0 = ?$ |
| а) $M_{x0} = 0$ | б) $M_{x0} = ?$ | в) $M_{x0} = 0$ |
| $Q_0 = ?$       | $Q_0 = ?$       | $Q_0 = ?$       |
| $q_0 = 0$       | $q_0 = -q$      | $q_0 = -q$      |
- 11.

Ответы:

нужно выбрать правильный ответ

Верный ответ: в)

Установите соответствие между стадиями ползучести и их определениями:

- а) неустановившаяся ползучесть,
  - б) установившаяся ползучесть,
  - в) стадия разрушения.
- 1) постоянная скорость деформации  $\dot{\varepsilon} = const > 0, \ddot{\varepsilon} = 0$ ,
  - 2) скорость деформации постепенно уменьшается  $\dot{\varepsilon} > 0, \ddot{\varepsilon} < 0$ ,
  - 3) скорость деформации непрерывно возрастает,  $\dot{\varepsilon} > 0, \ddot{\varepsilon} > 0$ .
- 12.

Ответы:

нужно составить правильные пары между терминами (а, б, в) и их определениями (1, 2, 3)

Верный ответ: а – 2, б – 1, в – 3

Установите соответствие между матрицами жесткости конечного элемента и видом конечного элемента:

- а) балочный конечный элемент,
- б) стержневой конечный элемент, работающий на растяжение-сжатие,
- в) стержневой конечный элемент, работающий на кручение.

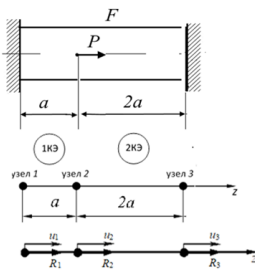
1)  $K_k = \frac{EF}{a} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$     2)  $K_k = \frac{GI_p}{a} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$     3)  $K_k = \frac{EI_x}{a^3} \begin{bmatrix} 12 & 6a & -12 & 6a \\ 6a & 4a^2 & -6a & 2a^2 \\ -12 & -6a & 12 & -6a \\ 6a & 2a^2 & -6a & 4a^2 \end{bmatrix}$

13. здесь  $a$  – длина конечного элемента

Ответы:

нужно составить правильные пары между видом конечного элемента (а, б, в) и матрицами жесткости (1, 2, 3)

Верный ответ: а – 3, б – 1, в – 1



При определении перемещений методом конечных элементов в заданном стержне вектор эквивалентных узловых нагрузок имеет вид:

а)  $\mathbf{R} = \begin{bmatrix} R_1 \\ P \\ R_3 \end{bmatrix}$       б)  $\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 0 \\ P \\ 0 \end{bmatrix}$

в)  $\mathbf{R} = \begin{bmatrix} R_1 \\ 0 \\ R_3 \end{bmatrix}$

14.

Ответы:

нужно выбрать правильный ответ

Верный ответ: а)

15. Упорядочите нагрузки в порядке возрастания:

- а) предельная;
- б) допускаемая;
- в) опасная.

Ответы:

нужно расположить варианты в правильном порядке

Верный ответ: б-в-а

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Ответы на все вопросы верные, присутствуют необходимые пояснения по решению задачи.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: В целом ответы верные, в части ответов есть незначительные недостатки или отсутствуют пояснения в полном объеме.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

## III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

**Для курсового проекта/работы:**

**5 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

Защита проводится в устной форме в форме беседы по задачам курсового проекта

### ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания:* Все задачи решены верно, оформлены в соответствии с требованиями к оформлению курсового проекта. График сдачи задач не нарушен.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания:* Все задачи решены верно, в части материала есть незначительные недостатки. Оформление задач с незначительными отклонениями от правил к оформлению курсового проекта. График сдачи задач частично нарушен.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Основная часть задания выполнена верно. Задачи оформлены с отклонением от правил к оформлению курсового проекта. График сдачи задач нарушен.

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.