

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

**Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Наименование образовательной программы: Теплофизика**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Прикладная физика**

**Москва  
2024**

## 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                                           | Яньков Г.Г.                 |
|  | Идентификатор                                      | Rbb1f0c84-YankovGG-11a2e4dc |

Г.Г. Яньков

Заведующий  
выпускающей кафедрой

|  |                                                    |                               |
|--|----------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец                                           | Герасимов Д.Н.                |
|  | Идентификатор                                      | Ra5495398-GerasimovDN-6b58615 |

Д.Н.  
Герасимов

## 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 использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ИД-3 Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Основы механики конструкционных материалов (Контрольная работа)
2. Расчеты на прочность при изгибе. Определение перемещений при изгибе (Контрольная работа)
3. Расчеты толстостенных цилиндров (Контрольная работа)
4. Циклические напряжения (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчет пластин и оболочек (Расчетно-графическая работа)
2. Расчеты на прочность при кручении. Определение перемещений при кручении (Расчетно-графическая работа)
3. Статика твердого тела (Расчетно-графическая работа)
4. Статически неопределимые стержневые системы при растяжении (сжатии) (Расчетно-графическая работа)
5. Элементы динамики и устойчивости конструкций (Расчетно-графическая работа)

## БРС дисциплины

### 3 семестр

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

- |      |                                                                                                   |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| КМ-1 | Статика твердого тела (Расчетно-графическая работа)                                               |
| КМ-2 | Основы механики конструкционных материалов (Контрольная работа)                                   |
| КМ-3 | Статически неопределимые стержневые системы при растяжении (сжатии) (Расчетно-графическая работа) |
| КМ-4 | Расчеты на прочность при изгибе. Определение перемещений при изгибе (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   |
| Основные понятия механики. Элементарная статика. |                                 |      |      |      |      |
| Основные понятия механики.                       |                                 | +    |      |      |      |
| Элементарная статика.                            |                                 | +    |      |      |      |
| Основы механики конструкционных материалов.      |                                 |      |      |      |      |
| Основы механики конструкционных материалов.      |                                 |      | +    |      |      |
| Растяжение-сжатие                                |                                 |      |      |      |      |
| Растяжение-сжатие                                |                                 |      |      | +    |      |
| Изгиб                                            |                                 |      |      |      |      |
| Изгиб                                            |                                 |      |      |      | +    |
| Вес КМ:                                          |                                 | 10   | 40   | 10   | 40   |

#### 4 семестр

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

- КМ-5 Расчеты на прочность при кручении. Определение перемещений при кручении (Расчетно-графическая работа)
- КМ-6 Циклические напряжения (Контрольная работа)
- КМ-7 Расчет пластин и оболочек (Расчетно-графическая работа)
- КМ-8 Расчеты толстостенных цилиндров (Контрольная работа)
- КМ-9 Элементы динамики и устойчивости конструкций (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Раздел дисциплины                              | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |
|------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|
|                                                | Индекс КМ:                      | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 | КМ-8 | КМ-9 |
|                                                | Срок КМ:                        | 4    | 7    | 10   | 14   | 14   |
| Кручение                                       |                                 |      |      |      |      |      |
| Кручение                                       |                                 | +    | +    |      |      |      |
| Циклические напряжения.                        |                                 |      |      |      |      |      |
| Циклические напряжения.                        |                                 | +    | +    |      |      |      |
| Расчеты на прочность тонкостенных конструкций. |                                 |      |      |      |      |      |
| Пластины .                                     |                                 |      |      | +    | +    |      |

|                                               |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------------------|----|----|----|----|----|
| Оболочки                                      |    |    | +  | +  |    |
| Расчеты толстостенных цилиндров.              |    |    |    |    |    |
| Расчеты толстостенных цилиндров.              |    |    | +  | +  |    |
| Элементы динамики и устойчивости конструкций. |    |    |    |    |    |
| Элементы динамики и устойчивости конструкций. |    |    |    |    | +  |
| Вес КМ:                                       | 10 | 10 | 30 | 10 | 40 |

### БРС курсовой работы/проекта

### 4 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

КМ-1 часть 1

КМ-2 часть 2

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

| Раздел дисциплины      | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |
|------------------------|---------------------------------|------|------|
|                        | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 |
|                        | Срок КМ:                        | 8    | 15   |
| кручение               |                                 | +    |      |
| циклические напряжения |                                 | +    |      |
| задача Ламе            |                                 | +    |      |
| пластины               |                                 |      | +    |
| оболочки               |                                 |      | +    |
| динамика вала          |                                 |      | +    |
| Вес КМ:                |                                 | 50   | 50   |

## 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-3 <sub>ОПК-1</sub> Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма | <p>Знать:</p> <p>основные понятия элементарной статики условия усталостного разрушения, основы теории устойчивости элементов конструкций основные положения теории расчетов на прочность элементов конструкций при статическом и динамическом воздействиях основные понятия, модели и аксиомы механики, элементарной статики, условий равновесия тела порядок расчетов на прочность и жесткость при растяжении-сжатии</p> <p>Уметь:</p> <p>подбирать современные конструкционные материалы для</p> | <p>КМ-1 Статика твердого тела (Расчетно-графическая работа)</p> <p>КМ-2 Основы механики конструкционных материалов (Контрольная работа)</p> <p>КМ-3 Статически неопределимые стержневые системы при растяжении (сжатии) (Расчетно-графическая работа)</p> <p>КМ-4 Расчеты на прочность при изгибе. Определение перемещений при изгибе (Контрольная работа)</p> <p>КМ-5 Расчеты на прочность при кручении. Определение перемещений при кручении (Расчетно-графическая работа)</p> <p>КМ-6 Циклические напряжения (Контрольная работа)</p> <p>КМ-7 Расчет пластин и оболочек (Расчетно-графическая работа)</p> <p>КМ-8 Расчеты толстостенных цилиндров (Контрольная работа)</p> <p>КМ-9 Элементы динамики и устойчивости конструкций (Расчетно-графическая работа)</p> |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                           |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | <p>обеспечения высоких уровней эксплуатационной надежности и безопасности</p> <p>выполнять прочностные расчеты на растяжение (сжатие), жесткость, изгиб и кручение, проводить оценки условий возникновения разрушения</p> |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

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

### **3 семестр**

#### **КМ-1. Статика твердого тела**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется индивидуально по варианту задания.

#### **Краткое содержание задания:**

Определить реакции связей системы и усилия в стержнях (тросах) при ее квазистатическом нагружении внешними силами.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                        | Вопросы/задания для проверки                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные положения теории расчетов на прочность элементов конструкций при статическом и динамическом воздействиях | 1.Необходимые и достаточные условия равновесия системы твердых тел |

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена полностью

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена полностью, имеются замечания

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена частично, требуются исправления

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена полностью не верно

#### **КМ-2. Основы механики конструкционных материалов**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется индивидуально по варианту задания.

#### **Краткое содержание задания:**

Для конструкции, расчетная схема которой принята в виде набора абсолютно жёстких невесомых брусьев, соединенных между собой упругими элементами - стержнями, необходимо подобрать из расчета на прочность поперечные сечения стержней в виде стандартных прокатных профилей

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                          |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные понятия элементарной статики      | 1. Основные понятия и определения механики конструкционных материалов |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена полностью*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена полностью, имеются замечания*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена частично*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена полностью не верно*

**КМ-3. Статически неопределимые стержневые системы при растяжении (сжатии)**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется индивидуально по варианту задания.

**Краткое содержание задания:**

Определить усилия в стержнях статически неопределимой плоской фермы

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                 | Вопросы/задания для проверки                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Знать: основные понятия, модели и аксиомы механики, элементарной статики, условий равновесия тела | 1. Методы расчета статически неопределимых ферм |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: «зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена полностью, имеются замечания*

*Оценка: «не зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена полностью не верно*

#### КМ-4. Расчеты на прочность при изгибе. Определение перемещений при изгибе

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется индивидуально по варианту задания.

**Краткое содержание задания:**

Для двутавровой балки, изображенной на схеме, требуется:

1. Построить эпюры поперечной силы  $Q_y$  и изгибающего момента  $M_x$ .
2. Из расчета на прочность определить допускаемое значение внешней нагрузки
3. Для опасного сечения балки построить эпюру нормальных напряжений.
4. При внешней нагрузке, равной допускаемой, найти линейное и угловое перемещение выбранного сечения балки.

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                        |                                   |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Запланированные результаты обучения по дисциплине                      | Вопросы/задания для проверки      |
| Знать: порядок расчетов на прочность и жесткость при растяжении-сжатии | 1. Расчет на жесткость при изгибе |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена полностью

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена полностью, имеются замечания

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена частично

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена полностью не верно

#### 4 семестр

#### КМ-5. Расчеты на прочность при кручении. Определение перемещений при кручении

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется индивидуально по варианту задания.

**Краткое содержание задания:**

Для вала, изображенного на схеме, требуется:

1. Построить эпюры крутящего момента  $M_z$ .
2. Из расчета на прочность определить допускаемое значение крутящего момента  $[M_1]$ , при условии  $M_2 = k M_1$ .
3. Для опасного сечения вала при  $M_1 = [M_1]$  построить эпюру касательных напряжений.
4. При внешней нагрузке, равной допускаемой, построить эпюру углов поворота сечений.

#### Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                        | Вопросы/задания для проверки        |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Знать: условия усталостного разрушения, основы теории устойчивости элементов конструкций | 1. Статически неопределимые системы |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: «зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена полностью, имеются замечания

*Оценка: «не зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена полностью не верно

### КМ-6. Циклические напряжения

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется индивидуально по варианту задания.

#### Краткое содержание задания:

- 1.1. Составить расчетную схему и определить приложенные к валу нагрузки.
- 1.2. Построить эпюру крутящего момента  $M_z$ .
- 1.3. Построить эпюры изгибающих моментов  $M_x$ ,  $M_y$ .
- 1.4. Определить диаметр вала  $d$  из условия прочности (расчет на статическую прочность).
- 1.5. Выполнить проверочный расчет вала с учетом циклического изменения напряжений

#### Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                        | Вопросы/задания для проверки           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Знать: условия усталостного разрушения, основы теории устойчивости элементов конструкций | 1. Основные параметры цикла нагружения |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена полностью

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена полностью, имеются замечания

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50  
Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена частично

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)  
Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена полностью не верно

### КМ-7. Расчет пластин и оболочек

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется индивидуально по варианту задания.

#### Краткое содержание задания:

В качестве расчетной схемы принимается круговая (кольцевая) пластина постоянной толщины  $h$ , находящаяся под действием заданной внешней нагрузки.

4.1. Получить выражения для радиального  $M_r$  и окружного  $M_\theta$  изгибающих моментов и построить соответствующие эпюры (относительно параметра внешней нагрузки).

4.2. Определить допускаемое значение внешней нагрузки. Построить эпюру прогибов пластинки при нагрузке, равной ее допускаемому значению.

В качестве расчетной схемы принимается круговая цилиндрическая оболочка постоянной толщины  $h$ , нагруженная осесимметричной нагрузкой.

5.1. Предварительно принять толщину оболочки по безмоментной теории.

Рекомендуется принять удвоенное значение толщины  $h$ .

5.2. Получить аналитические выражения и построить эпюры внутренних силовых факторов  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $N_y$ ,  $Q_x$ .

5.3. Построить эпюры эквивалентных напряжений для внешней и внутренней поверхности оболочки.

5.4. фактический коэффициент запаса прочности должен находиться в пределах  $n=1,41,8$ .

Если это условие не выполняется, необходимо изменить  $h$  и повторить проверочный расчет;

5.3. Построить эпюру нормального прогиба  $w(x)$  и угла

#### Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                           | Вопросы/задания для проверки                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Уметь: выполнять прочностные расчеты на растяжение (сжатие), жесткость, изгиб и кручение, проводить оценки условий возникновения разрушения | 1.Формулировка граничных условий<br>2.Понятие о краевом эффекте |

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### **КМ-8. Расчеты толстостенных цилиндров**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется индивидуально по варианту задания.

#### **Краткое содержание задания:**

В качестве расчетной схемы трубопровода принять закрытый толстостенный цилиндр, находящийся под действием давления ( $p_1$  и/или  $p_2$ )

Построить эпюры напряжений, возникающих в цилиндре при действии заданного давления

#### **Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                           | Вопросы/задания для проверки                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: выполнять прочностные расчеты на растяжение (сжатие), жесткость, изгиб и кручение, проводить оценки условий возникновения разрушения | 1. Построение эпюр напряжений, возникающих в цилиндре при действии заданного давления |

#### **Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### **КМ-9. Элементы динамики и устойчивости конструкций**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется индивидуально по варианту задания.

**Краткое содержание задания:**

Вал с установленными на нем колесами схематизируется как механическая система с двумя степенями свободы. В качестве обобщенных координат принимаются прогибы  $v_1$ ,  $v_2$  вала в местах посадки зубчатых колес, определяемые в системе координат, жёстко связанной с валом.

6.1. Вычислить критические угловые скорости вращения вала 1, 2 и соответствующие им критические числа оборотов в минуту  $n_1$ ,  $n_2$ .

6.2. Найти формы колебаний, соответствующие частотам 1,2, проверка ортогональности форм колебаний обязательна.

6.3. Вычислить прогибы и наибольшие динамические напряжения, возникающие в вале при заданном рабочем числе оборотов за счет действия центробежных сил.

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                 | Вопросы/задания для проверки                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Уметь: подбирать современные конструкционные материалы для обеспечения высоких уровней эксплуатационной надежности и безопасности | 1.Приведите методику расчета собственных частот и форм колебаний |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

**Для курсового проекта/работы**

**4 семестр**

**I. Описание КП/КР**

Курсовая работа состоит из шести заданий по всем темам семестра

## **II. Примеры задания и темы работы**

### **Пример задания**

#### **1. РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОГО ВАЛА**

Для вала, изображенного на схеме, требуется:

1. Построить эпюры крутящего момента  $M_z$ .
2. Из расчета на прочность определить допускаемое значение крутящего момента  $[M_1]$ , при условии  $M_2 = \kappa M_1$ .
3. Для опасного сечения вала при  $M_1 = [M_1]$  построить эпюру касательных напряжений.
4. При внешней нагрузке, равной допускаемой, построить эпюру углов поворота сечений.

2. Вал редуктора передает мощность  $N$ , кВт, при частоте вращения  $n_0$ , об/мин. На валу (посадка H7/n6) установлены прямозубые зубчатые колеса диаметром  $D_1$  и  $D_2$ , шириной  $b_1 = 0,1d$  и  $b_2 = 0,2d$ .

#### **1. Расчет диаметра вала**

- 1.1. Составить расчетную схему и определить приложенные к валу нагрузки.
- 1.2. Построить эпюру крутящего момента  $M_z$ .
- 1.3. Построить эпюры изгибающих моментов  $M_x$ ,  $M_y$ .
- 1.4. Определить диаметр вала  $d$  из условия прочности (расчет на статическую прочность).
- 1.5. Выполнить проверочный расчет вала с учетом циклического изменения напряжений (расчет на сопротивление усталости; ГОСТ 25.504-82).

### **Тематика КП/КР:**

## **РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

### **КМ-1. часть1**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: «зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: «не зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания:*

### **КМ-2. часть2**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: «зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: «не зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания:*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Число степеней свободы механической системы.
2. Интеграл Максвелла-Мора для деформации изгиба.
3. Задача.

### Процедура проведения

Экзамен проводится устно. 1 час на подготовку, собеседование с преподавателем

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-З<sub>ОПК-1</sub> Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма

### Вопросы, задания

1. Предмет курса «прикладная физика». Механические системы со связями. Число степеней свободы механической системы. Материальная точка, абсолютно твердое тело, сплошная среда.
2. Момент вектора относительно оси и его свойства. Момент силы относительно точки и его свойства. Главный вектор и главный момент системы сил. Классификация случаев приведения системы векторов.
3. Основные понятия статики. Аксиома связей. Условия, при которых система сил сводится к главному вектору. Теорема Вариньона. Необходимые условия равновесия системы материальных точек. Необходимые и достаточные условия равновесия абсолютно твердого тела. Формы записи уравнений равновесия.
4. Основные гипотезы механики деформируемого твердого тела. Внутренние силовые факторы. Метод сечений.
5. Тензор напряжений. Формулы Коши. Главные напряжения и главные площадки. Инварианты тензора напряжений. Плоское напряженное состояние. Главные напряжения и главные площадки.
6. Деформации твердого тела. Тензор деформаций. Геометрическое истолкование компонент тензора деформаций.
7. Механические испытания материалов. Диаграммы растяжения и сжатия образцов из малоуглеродистой стали. Основные механические характеристики конструкционных материалов. Допускаемые напряжения и коэффициент запаса прочности.
8. Закон Гука при растяжении (сжатии). Закон Гука при сдвиге. Обобщенный закон Гука.

9. Конструкции, работающие на растяжение (сжатие). Расчет на прочность и жесткость. Статически неопределимые системы (растяжение – сжатие). Монтажные и температурные напряжения в статически неопределимых системах
10. Потенциальная энергия упругой деформации. Интеграл Максвелла-Мора для случая растяжения (сжатия). Определение взаимного перемещения сечений (растяжение-сжатие)
11. Метод сил. Канонические уравнения метода сил. Определение усилий в статически неопределимых системах.
12. Геометрические характеристики плоских сечений. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей. (Теорема Штейнера)
13. Расчет элементов конструкций, работающих на изгиб. Классификация видов изгиба. Дифференциальные зависимости между внутренними силовыми факторами и нагрузками при изгибе.
14. Чистый прямой изгиб. Нормальные напряжения при чистом изгибе. Расчеты на прочность. Рациональные формы поперечных сечений при изгибе.
15. Определение перемещений при изгибе. Потенциальная энергия упругой деформации. Интеграл Максвелла-Мора для случая изгиба. Формула Симпсона.
16. Расчет статически неопределимых систем при изгибе. Канонические уравнения метода сил.
17. Дифференциальное уравнение изгиба балки.
18. Сочетание изгиба и растяжения-сжатия. Косой изгиб. Внецентренное растяжение-сжатие. Расчеты на прочность и жесткость.
19. Основы теории прочности. Общие понятия о критериях предельных состояний. Критерий текучести Сен-Венана и критерий Мизеса. Сравнение критериев прочности.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Сколько внутренних силовых факторов может возникать в поперечном сечении бруса при общем случае нагружения?

Ответы:

- а) 6
- б) 7
- в) 8
- г) 12

Верный ответ: а)

2. Какой метод используется для численного определения внутренних силовых факторов

Ответы:

- а) сил
- б) перемещений
- в) сечений
- г) суперпозиции

Верный ответ: в)

3. Абсолютно твердое (жесткое) тело – ...

Ответы:

- а) тело, не имеющее пластических деформаций
- б) совокупность точек, расстояния между которыми не изменяются при действии на него других тел или нагрузок
- в) тело, которое не значительно изменяет свою форму и размеры после приложения нагрузки
- г) тело с высокой плотностью содержания примесей

Верный ответ: б)

4. Сколько независимых уравнений равновесия можно составить для плоской системы сил?

Ответы:

- а) два уравнения
- б) количество уравнений зависит от количества сил
- в) три уравнения
- г) шесть уравнений

Верный ответ: в)

5. В практике инженерных расчетов, исходя из условий прочности и жесткости, решаются три основные задачи механики материалов и конструкций:....

Ответы:

- а) проверка прочности
- б) подбор условий закрепления
- в) подбор сечений
- г) подбор видов нагрузки
- д) определение допускаемой нагрузки

Верный ответ: а), в), д)

6. Тело, один из размеров которого значительно больше двух других, называется

Ответы:

- а) оболочкой
- б) пластиной
- в) стержнем
- г) массивом

Верный ответ: в)

7. Закон Гука устанавливает зависимость:

Ответы:

- а) между внутренними силовыми факторами
- б) между напряжениями и нагрузками
- в) между напряжениями и деформациями
- г) между деформацией и длительностью нагружения

Верный ответ: в)

8. Для пластических материалов предельным считается состояние, соответствующее

Ответы:

- а) заметным остаточным деформациям
- б) началу разрушения материала
- в) разрушению материала

Верный ответ: а)

9. Относительная продольная и поперечные деформации связаны между собой коэффициентом

Ответы:

- а) Бернулли
- б) Юнга
- в) Гука

г) Пуассона

Верный ответ: г)

10. Для хрупких материалов предельным считается состояние, соответствующее

Ответы:

а) заметным остаточным деформациям

б) началу разрушения материала

в) разрушению материала

Верный ответ: б)

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

## **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.

### **4 семестр**

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### **Пример билета**

1. Кручение упругого цилиндрического стержня кругового поперечного сечения. Касательные напряжения и угол закручивания.
2. Влияние конструктивных и технологических факторов на предел выносливости.
3. Задача.

### **Процедура проведения**

Экзамен проводится устно. 1 час на подготовку, собеседование с преподавателем

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-Зопк-1 Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма

### **Вопросы, задания**

1. **1. Кручение упругого цилиндрического стержня** кругового поперечного сечения. Касательные напряжения, угол закручивания. Расчеты на прочность и жесткость.

2. **Расчет цилиндрических витых пружин** растяжения (сжатия) на прочность. Формула для осадки пружины.

3. **Сочетание изгиба с кручением.** Связь между общим коэффициентом запаса прочности и коэффициентами запаса прочности по нормальным и по касательным напряжениям. Расчеты по эквивалентному (приведенному) моменту.

4. **Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени.** Типы циклов. Влияние различных факторов на величину предела выносливости. Расчеты на прочность при регулярном многоцикловом нагружении. Формула Гафа – Полларда.

5. **Осесимметричные задачи теории упругости.** Вывод уравнения равновесия. Уравнение равновесия в перемещениях, его интегрирование. Формулы Ламе. Применение формул Ламе для расчета цилиндров. Формулы Мариотта. Температурные напряжения в толстостенных цилиндрах.

6. **Осесимметричный изгиб круговых (кольцевых) пластин.** Основные гипотезы. Внутренние силовые факторы в сечениях пластин. Уравнения равновесия для элемента пластины. Связь между компонентами деформаций и нормальным прогибом. Выражение внутренних силовых факторов через нормальный прогиб. Дифференциальное уравнение равновесия и его решение. Типичные краевые условия. Нормальные напряжения, условие прочности .

7. **Расчет тонкостенных оболочек вращения по безмоментной теории.** Вывод уравнения равновесия-(уравнения Лапласа). Определение меридиональных напряжений.

8. **Осесимметричная деформация круговой цилиндрической оболочки.** Уравнения равновесия для элемента оболочки. Связь между компонентами деформаций и нормальным прогибом. Выражение внутренних силовых факторов через нормальный прогиб. Дифференциальное уравнение равновесия в перемещениях. Интегрирование уравнения равновесия. Физический смысл частного решения. Типичные краевые условия. Теория краевого эффекта для круговой цилиндрической оболочки.

9. **Элементы теории колебаний линейных систем с конечным числом степеней свободы.** Собственные колебания систем с одной степенью свободы. Свободные изгибные колебания балки с сосредоточенными массами. Вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы. Критические скорости вращающегося вала.

10. **Элементы теории устойчивости конструкций.** Понятие об устойчивости форм равновесия. Устойчивость сжатого упругого стержня. Формула Эйлера.

Зависимость критической силы от условий закрепления стержня. Границы применимости формулы Эйлера. Расчеты на устойчивость за пределами упругости. Расчеты на устойчивость по коэффициенту снижения допускаемых напряжений.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Как изменится длина стержня заделанного с двух сторон при его нагреве?

Ответы:

- а) увеличится
- б) уменьшится
- в) увеличится на  $\alpha \cdot \Delta T \cdot L$
- г) не изменится

Верный ответ: г)

2. Что называют расчетной схемой в курсе "Прикладная физика"

Ответы:

- а) Реальная конструкция
- б) Реальный объект, освобожденный от несущественных особенностей

Верный ответ: б)

3. При назначении нормативного коэффициента прочности учитываются следующие факторы...

Ответы:

- а) неоднородность материала
- б) виды деформаций
- в) изменчивость нагрузки
- г) предельное напряжение
- д) условия работы конструкции
- е) недостатки расчетных схем

Верный ответ: а), в), д), е)

4. Условный предел текучести принимается для

Ответы:

- а) для хрупких материалов
- б) для пластичных материалов
- в) для пластичных материалов не имеющих площадки текучести

Верный ответ: в)

5. Исследование реального объекта при расчетах на прочность и жесткость, начинается с ..

Ответы:

- а) определения внутренних силовых факторов
- б) вычисления напряжений и деформаций
- в) выбора расчетной схемы

Верный ответ: в)

6. В курсе "Прикладная физика" материал элементов конструкций предполагается?

Ответы:

- а) пластичным и упругим
- б) сплошным, однородным, изотропным и линейно упругим
- в) прочным и жестким
- г) абсолютно твердым

Верный ответ: б)

7. Напряженное состояние называется простым, если..

Ответы:

- а) главные напряжения равны нулю
- б) одно из главных напряжений равно нулю
- в) два из главных напряжений равны нулю
- г) соответствует линейному напряженному состоянию
- д) действуют только нормальные напряжения

Верный ответ: в), г)

8. Напряженное состояние называется сложным, если...

Ответы:

- а) главные напряжения равны нулю
- б) одно из главных напряжений равно нулю
- в) два из главных напряжений равны нулю
- г) соответствует линейному напряженному состоянию
- д) действуют только касательные напряжения

Верный ответ: б), д)

9. В толстостенных цилиндрических оболочках под действием внутреннего и внешнего давления, распределение напряжений по толщине ..

Ответы:

- а) линейно
- б) нелинейно
- в) равномерно

Верный ответ: б)

10. В безмоментных оболочках под действием статического и гидростатического давления, распределение напряжений по толщине ..

Ответы:

- а) линейно
- б) нелинейно
- в) равномерно

Верный ответ: в)

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

### ***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:**

**4 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

Защита происходит в виде собеседования

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

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

### ***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.