

**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: Атомные электростанции и установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА**

|  |  |
|--|--|
| <b>Блок:</b>   | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                                      |
| <b>Часть образовательной программы:</b>  | Обязательная   |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>   | Б1.О.19  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>   | 3 семестр - 4;<br>4 семестр - 5;<br>всего - 9                            |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>  | 324 часа   |
| <b>Лекции</b>  | 3 семестр - 32 часа;<br>4 семестр - 32 часа;<br>всего - 64 часа          |
| <b>Практические занятия</b>  | 3 семестр - 32 часа;<br>4 семестр - 16 часов;<br>всего - 48 часа         |
| <b>Лабораторные работы</b>   | не предусмотрено учебным планом  |
| <b>Консультации</b>  | 3 семестр - 2 часа;<br>4 семестр - 18 часов;<br>всего - 20 часов         |
| <b>Самостоятельная работа</b>  | 3 семестр - 77,5 часа;<br>4 семестр - 109,2 часов;<br>всего - 186,7 часа |
| <b>в том числе на КП/КР</b>  | 4 семестр - 15,7 часов;  |
| <b>Иная контактная работа</b>  | 4 семестр - 4 часа;  |
| <b>включая:</b><br><b>Расчетно-графическая работа</b><br><b>Контрольная работа</b> |  |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>   |  |
| <b>Экзамен</b>   | 3 семестр - 0,5 часа;  |
| <b>Экзамен</b>   | 4 семестр - 0,5 часа;  |
| <b>Защита курсовой работы</b>  | 4 семестр - 0,3 часа;  |
|  | всего - 1,3 часа   |

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
|  | 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   | Мелихов В.И.                  |
|   | Идентификатор                                      | Rf4bcbd4b-MelikhovVI-7cf385d8 |

В.И. Мелихов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|   | Владелец   | Хвостова М.С.                  |
|   | Идентификатор                                      | R5ead212f-KhvastovaMS-a4cf11ca |

М.С. Хвостова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** подготовка специалистов в области расчетов и экспериментального исследования конструкций и оборудования ядерной энергетики на прочность, жесткость и устойчивость.

### Задачи дисциплины

- ознакомить обучающихся с основами расчетов для установления требуемых размеров и форм конструктивных элементов, обеспечивающих высокую надежность и эффективную эксплуатацию оборудования и узлов ядерной энергетики в течение заданного срока службы;
- дать информацию о рациональном выборе конструкционных материалов для оборудования, работающего в условиях различных температурных и/или силовых и радиационных воздействий;
- дать основу для некоторых специальных курсов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Запланированные результаты обучения   |
|---|---|---|
| ОПК-1 Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования | ИД-3 <sub>ОПК-1</sub> Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма | знать:<br>- порядок расчетов на прочность и жесткость при растяжении-сжатии;<br>- условия усталостного разрушения, основы теории устойчивости элементов конструкций;<br>- основные положения теории расчетов на прочность элементов конструкций при статическом и динамическом воздействиях;<br>- основные понятия, модели и аксиомы механики, элементарной статики, условий равновесия тела;<br>- основные понятия элементарной статики.<br><br>уметь:<br>- подбирать современные конструкционные материалы для обеспечения высоких уровней эксплуатационной надежности и безопасности;<br>- выполнять прочностные расчеты на растяжение (сжатие), жесткость, изгиб и кручение, проводить оценки условий возникновения разрушения. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Атомные электростанции и установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные положения векторной алгебры
- знать основы дифференциального и интегрального исчисления
- знать основные положения линейной алгебры
- уметь находить решения линейных дифференциальных уравнений
- уметь решать проблему собственных значений
- уметь писать программы в среде MatCad

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 324 часа.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания  |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|---|
|       |  |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |   |
|       |  |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |   |
| КПР   | ГК   | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |   |
| 1     | 2  | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15  |
| 1     | Основные понятия механики.<br>Элементарная статика.    | 28                    | 3       | 8  | -   | 10 | -            | - | -   | -  | -  | 10                | -                                 | <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется расчет конструкции. Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], 8-17<br/>[3], 11-35</p>  |
| 1.1   | Основные понятия механики.                             | 12                    |         | 4  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 4                 | -                                 |   |
| 1.2   | Элементарная статика.                                  | 16                    |         | 4  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | 6                 | -                                 |   |
| 2     | Основы механики конструкционных материалов.            | 24                    |         | 8  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | 10                | -                                 |   |
| 2.1   | Основы механики конструкционных материалов.            | 24                    |         | 8  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | 10                | -                                 |   |
| 3     | Растяжение-сжатие                                      | 28                    | 3       | 8  | -   | 8  | -            | - | -   | -  | -  | 12                | -                                 | <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется расчет конструкции. Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], 24-33<br/>[3], 36-71</p> |
| 3.1   | Растяжение-сжатие                                      | 28                    |         | 8  | -   | 8  | -            | - | -   | -  | -  | 12                | -                                 |   |

|     |                  |       |   |    |   |    |   |   |   |   |     |    |  |  |
|-----|------------------|-------|---|----|---|----|---|---|---|---|-----|----|--|--|
|     |                  |       |   |    |   |    |   |   |   |   |     |    | <b><u>источников:</u></b><br>[2], 91-108 |  |
| 4   | Изгиб            | 28    |   | 8  | - | 8  | - | - | - | - | -   | 12 | -  | <b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется расчет конструкции. Задание выполняется индивидуально по вариантам.<br><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Расчеты на прочность и жесткость при изгибе. и подготовка к контрольной работе<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[2], 112-129   |
| 4.1 | Изгиб            | 28    |   | 8  | - | 8  | - | - | - | - | -   | 12 | -  |  |
|     | Экзамен          | 36.0  |   | -  | - | -  | - | 2 | - | - | 0.5 | -  | 33.5                                     |  |
|     | Всего за семестр | 144.0 |   | 32 | - | 32 | - | 2 | - | - | 0.5 | 44 | 33.5                                     |  |
|     | Итого за семестр | 144.0 |   | 32 | - | 32 |   | 2 |   | - | 0.5 |    | 77.5                                     |  |
| 5   | Кручение         | 14    | 4 | 4  | - | 2  | - | - | - | - | -   | 8  | -  | <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b><br>Изучение материалов по разделу Расчеты на прочность при кручении. и подготовка к контрольной работе<br><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: Для вала, изображенного на схеме, требуется: 1. Построить эпюры крутящего момента $M_z$ . 2. Из расчета на прочность определить допустимое значение крутящего момента $[M]$ , при условии $M_2 = k M_1$ . 3. Для опасного сечения вала при $M_1 = [M]$ построить эпюру касательных напряжений. 4. При внешней нагрузке, равной допустимой, построить эпюру углов поворота сечений.<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[2], 140-145 |
| 5.1 | Кручение         | 14    |   | 4  | - | 2  | - | - | - | - | -   | 8  | -  |  |

|     |  |    |  |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
|-----|--|----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
| 6   | Циклические напряжения.                        | 16 |  | 4  | - | 2 | - | - | - | - | - | 10 | - | <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: Вал редуктора передает мощность $N$ , кВт, при частоте вращения $n_0$ , об/мин. На валу (посадка $H7/n6$ ) установлены прямозубые зубчатые колеса диаметром $D1$ и $D2$ , шириной $b1 = 0,1d$ и $b2 = 0,2d$ .<br>1. Расчет диаметра вала<br>1.1. Составить расчетную схему и определить приложенные к валу нагрузки.<br>1.2. Построить эпюру крутящего момента $M_z$ .<br>1.3. Построить эпюры изгибающих моментов $M_x$ , $M_y$ .<br>1.4. Определить диаметр вала $d$ из условия прочности (расчет на статическую прочность).<br>1.5. Выполнить проверочный расчет вала с учетом циклического изменения напряжений (расчет на сопротивление усталости; ГОСТ 25.504-82).<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[2], 305-330 |
| 6.1 | Циклические напряжения.                        | 16 |  | 4  | - | 2 | - | - | - | - | - | 10 | - |   |
| 7   | Расчеты на прочность тонкостенных конструкций. | 42 |  | 12 | - | 6 | - | - | - | - | - | 24 | - | <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Расчеты на прочность тонкостенных конструкций. и подготовка к контрольной работе<br><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: В качестве расчетной схемы принимается круговая (кольцевая) пластина постоянной толщины $h$ , находящаяся под действием заданной внешней нагрузки.<br>4.1. Получить выражения для радиального $M_r$ и окружного $M_\theta$ изгибающих моментов и   |
| 7.1 | Пластины .                                     | 20 |  | 6  | - | 2 | - | - | - | - | - | 12 | - |   |
| 7.2 | Оболочки                                       | 22 |  | 6  | - | 4 | - | - | - | - | - | 12 | - |   |

|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | построить соответствующие эпюры (относительно параметра внешней нагрузки). 4.2. Определить допускаемое значение внешней нагрузки. Построить эпюру прогибов пластинки при нагрузке, равной ее допускаемому значению.<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[2], 291-303   |
| 8   | Расчеты толстостенных цилиндров.              | 16 | 6 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 8  | - | <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: В качестве расчетной схемы трубопровода принять закрытый толстостенный цилиндр, находящийся под действием давления ( $p_1$ и/или $p_2$ ) и стационарного осесимметричного температурного поля $T(r) = T_2 + (T_1 - T_2) \cdot \frac{r_2 - r}{r_2 - r_1}$ , где $r_1, r_2$ – внутренний и наружный радиусы цилиндра, $T_1 = T(r_1), T_2 = T(r_2)$ . 3.1. Построить эпюры напряжений $\sigma_r, \sigma_\theta$ , возникающих в цилиндре при действии заданного давления. 3.2. Построить эпюры напряжений $\sigma_r, \sigma_\theta$ , возникающих вследствие температурного воздействия. 3.3. Построить эпюры суммарных напряжений и проверить прочность.<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[2], 271-275 |
| 8.1 | Расчеты толстостенных цилиндров.              | 16 | 6 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 8  | - |   |
| 9   | Элементы динамики и устойчивости конструкций. | 20 | 6 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | 10 | - | <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Элементы динамики и устойчивости конструкций. и подготовка к контрольной работе   |
| 9.1 | Элементы динамики и устойчивости конструкций. | 20 | 6 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | 10 | - | <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей  |



|  |                         |              |           |          |           |           |          |          |          |            |             |             |   |
|--|-------------------------|--------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|------------|-------------|-------------|---|
|  |                         |              |           |          |           |           |          |          |          |            |             |             | несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: Вал с установленными на нем зубчатыми 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, жестко 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. Указания: а) вал предполагается упругим и безынерционным; демпфирование и гироскопические эффекты не учитываются. При определении критических скоростей 1, 2 рассматриваются плоские изгибные колебания вала; б) принимается, что центры масс колес расположены в одной плоскости. Смещения центров масс от оси вала характеризуются эксцентриситетами 1, 2; в) если $n_1$ или $n_2$ отличаются от $n_0$ менее, чем на 30%, то необходимо дать рекомендации по изменению конструктивных параметров рассматриваемой системы.<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[2], 332-341 |
|  | Экзамен                 | 36.0         | -         | -        | -         | -         | 2        | -        | -        | 0.5        | -           | 33.5        |   |
|  | Курсовая работа (КР)    | 36.0         | -         | -        | -         | 16        | -        | 4        | -        | 0.3        | 15.7        | -           |   |
|  | <b>Всего за семестр</b> | <b>180.0</b> | <b>32</b> | <b>-</b> | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>2</b> | <b>4</b> | <b>-</b> | <b>0.8</b> | <b>75.7</b> | <b>33.5</b> |   |

|  |                         |              |          |           |          |           |           |          |            |              |  |
|--|-------------------------|--------------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|------------|--------------|--|
|  | <b>Итого за семестр</b> | <b>180.0</b> |          | <b>32</b> | <b>-</b> | <b>16</b> | <b>18</b> | <b>4</b> | <b>0.8</b> | <b>109.2</b> |  |
|  | <b>ИТОГО</b>            | <b>324.0</b> | <b>-</b> | <b>64</b> | <b>-</b> | <b>48</b> | <b>20</b> | <b>4</b> | <b>1.3</b> | <b>186.7</b> |  |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Основные понятия механики. Элементарная статика.

#### 1.1. Основные понятия механики.

Предмет курса. Связь между механикой, математикой и физикой. Значение механики для современной техники. Обзор моделей механики. Достижения отечественной науки в механике. Аксиомы классической механики. Дифференциальные уравнения движения материальной точки и свободной системы материальных точек. Несвободные системы материальных точек. Связи и их классификация. Момент вектора относительно оси и его свойства. Теорема Вариньона для систем векторов, сходящихся в одной точке. Момент вектора относительно точки. Преобразование момента вектора при переносе полюса. Главный вектор и главный момент системы закрепленных векторов..

#### 1.2. Элементарная статика.

Основные понятия статики. Необходимые условия равновесия системы материальных точек. Равенство нулю главного вектора внешних сил, Равенство нулю главного момента внешних сил. Необходимые и достаточные условия равновесия абсолютно твердого тела: сходящаяся система сил, параллельная система сил, плоская система сил. Эквивалентные условия равновесия. Системы абсолютно твердых тел. Классификация систем по геометрической изменяемости и определению реакций связей. Типичные постановки задач статики. Аксиомы о связях и их реакциях. Элементы аналитической статики. Понятие о виртуальных перемещениях. Принцип виртуальных перемещений для систем с идеальными связями. Применение принципа виртуальных перемещений к свободному абсолютно твердому телу..

### 2. Основы механики конструкционных материалов.

#### 2.1. Основы механики конструкционных материалов.

Общие предположения о свойствах материалов. Внешние силы. Внутренние силы. Метод сечений. Понятия о напряжениях и деформациях. Тензор напряжений. Формулы Коши. Инварианты тензора напряжений. Главные напряжения. Тензор деформаций. Уравнения неразрывности. Дифференциальные уравнения равновесия для объемного напряженного состояния. Упругость и пластичность. Закон Гука. Механические свойства конструкционных материалов. Физические основы прочности. Влияние высоких и низких температур, облучения и других факторов на механические свойства материалов. Общие требования к конструкционным материалам. Композиционные материалы. Основы теории прочности. Прочность при сложном напряженном состоянии. Критерии текучести. Критерий хрупкого разрушения. Вязкоупругое поведение материала. Понятие о ползучести и релаксации..

### 3. Растяжение-сжатие

#### 3.1. Растяжение-сжатие

Элементы конструкций, работающие на растяжение и сжатие. Стержни, стержневые конструкции, фермы, висячие конструкции. Статически определимые и статически неопределимые системы. Расчеты на прочность и жесткость. Энергетический метод определения перемещений. Интеграл Максвелл-Мора. Расчет статически неопределимых систем методом сил..

### 4. Изгиб

#### 4.1. Изгиб

Изгиб призматического стержня. Основные гипотезы. Классификация видов изгиба. Расчеты на прочность при прямом чистом изгибе. Понятие о прямом поперечном изгибе. Рациональные формы поперечных сечений при изгибе. Стандарты на прокатные профили. Применение составных балок. Энергетический метод определения перемещений при изгибе. Статически неопределимые системы. Применение метода сил. Выбор рациональной основной системы. Использование симметрии и группировка неизвестных. Сложное сопротивление. Косой изгиб. Совместное действие изгиба и растяжения. Проверка прочности при сложном сопротивлении..

## 5. Кручение

### 5.1. Кручение

Валы и пружины . Кручение упругого цилиндрического стержня. Касательные напряжения и угол закручивания. Понятие о кручении стержней некругового поперечного сечения. Сочетание изгиба с кручением. Применение критериев текучести и хрупкого разрушения. Цилиндрические винтовые пружины растяжения (сжатия). Расчет на прочность. Осадка цилиндрической пружины..

## 6. Циклические напряжения.

### 6.1. Циклические напряжения.

Переменные напряжения в элементах конструкций энергофизического оборудования. Механизм усталостного разрушения. Экспериментальное определение характеристик сопротивления усталости. Факторы, влияющие на сопротивление усталости деталей машин. Технологические методы поверхностного упрочнения. Расчеты на усталость для линейного напряженного состояния при симметричном и асимметричном циклах нагружения. Понятие об усталостной прочности при сложном напряженном состоянии. Расчет вала на прочность при нагрузках, переменных во времени. Усталостная прочность при нестационарных режимах нагружения. Понятие о малоциклового усталости..

## 7. Расчеты на прочность тонкостенных конструкций.

### 7.1. Пластины .

Предпосылки теории изгиба пластин и оболочек. Изгиб жестких пластин. Дифференциальное уравнение изгиба пластин. Граничные условия. Нормальные и касательные напряжения при изгибе пластин. Осесимметричный изгиб круговых и кольцевых пластин. Некоторые точные решения задач об изгибе прямоугольных в плане пластин. Вариационные методы расчета пластин..

### 7.2. Оболочки

Осесимметричная деформация круговой цилиндрической оболочки. Дифференциальное уравнение равновесия и его интегрирование. Граничные условия. Определение напряжений. Теория краевого эффекта круговой цилиндрической оболочки..

## 8. Расчеты толстостенных цилиндров.

### 8.1. Расчеты толстостенных цилиндров.

Плоская осесимметричная задача теории упругости. Уравнения равновесия в напряжениях и перемещениях. Задача Ламе для плоского напряженного состояния. Применение формул Ламе к расчету толстостенных цилиндров, нагруженных внутренним и внешним давлением. Предельные возможности однослойных цилиндров, нагруженных

внутренним давлением. Напряжения при посадке цилиндров с заданным натягом. Определение контактного давления. Подбор оптимальных параметров двухслойных цилиндров. Расчет многослойных цилиндров. Температурные напряжения в трубопроводах. Методы расчета трубопроводов по отраслевым стандартам..

### 9. Элементы динамики и устойчивости конструкций.

#### 9.1. Элементы динамики и устойчивости конструкций.

Основные понятия теории упругой устойчивости. Устойчивые и неустойчивые состояния равновесия. Устойчивость прямолинейного стержня при продольном сжатии. Критическая сила, Формула Эйлера. Закритическое деформирование упругих стержней. Влияние начальных неправильностей на поведение сжатых стержней. Энергетический метод решения задач упругой устойчивости. Расчеты на устойчивость по коэффициенту снижения допускаемых напряжений. Рациональные формы поперечных сечений сжатых стержней. Собственные колебания систем с конечным числом степеней свободы. Частоты и формы собственных колебаний. Свойства частот и форм собственных колебаний. Собственные колебания диссипативных систем. Логарифмический декремент колебаний. Установившиеся вынужденные колебания систем конечным числом степеней свободы. Резонанс. Динамический коэффициент. Учет диссипативных сил. Динамика распределенных систем..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Напряженное состояние;
2. Контрольная работа.;
3. Статика твердого тела. Произвольная плоская система сил.;
4. Статика системы твердых тел;
5. Статика твердого тела. Пространственная система сил.;
6. Статически определимые фермы.;
7. Напряженно-деформированное состояние. Определение главных напряжений и главных площадок.;
8. Температурные и монтажные напряжения в статически неопределимых стержневых системах.;
9. Определение перемещений при изгибе.;
10. Статически неопределимые стержневые системы при растяжении (сжатии).;
11. Статически неопределимые стержневые системы при растяжении (сжатии).;
12. Применение метода сил к расчету статически неопределимых плоских ферм.;
13. Изгиб. Эпюры внутренних силовых факторов.;
14. Расчеты на прочность при изгибе.;
15. Статика твердого тела. Система сходящихся сил.;
16. Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии).;
17. Контрольная работа..

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КТП)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые

консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Расчеты на прочность при кручении."

2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Циклические напряжения."
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Расчеты на прочность тонкостенных конструкций."
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Расчеты толстостенных цилиндров."

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Элементы динамики и устойчивости конструкций."

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основные понятия механики. Элементарная статика."
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы механики конструкционных материалов."
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Расчеты на прочность и жесткость при изгибе."

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 4 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**График выполнения курсового проекта**

| Неделя                                  | 1 - 8   | 9 - 15  | Зачетная                 |
|---|---------|---------|--------------------------|
| Раздел курсового проекта                | 1, 2, 3 | 4, 5, 5 | Защита курсового проекта |
| Объем раздела, %                        | 50      | 50      | -                        |
| Выполненный объем нарастающим итогом, % | 50      | 100     | -                        |

| Номер раздела | Раздел курсового проекта |
|---------------|--------------------------|
| 1             | кручение                 |
| 2             | циклические напряжения   |

|   |               |
|---|---------------|
| 3 | задача Ламе   |
| 4 | пластины      |
| 5 | оболочки      |
| 5 | динамика вала |

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)   | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   |   |   |   |   |   | Оценочное средство (тип и наименование) |  |
|--|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
|  |                  | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |   |  |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| основные понятия элементарной статики  | ИД-3ОПК-1        |   | + |   |   |   |   |   |   |   |   | Контрольная работа/Основы механики конструкционных материалов  |
| основные понятия, модели и аксиомы механики, элементарной статики, условий равновесия тела   | ИД-3ОПК-1        |   |   | + |   |   |   |   |   |   |   | Расчетно-графическая работа/Статически неопределимые стержневые системы при растяжении (сжатии)  |
| основные положения теории расчетов на прочность элементов конструкций при статическом и динамическом воздействиях                    | ИД-3ОПК-1        | +   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Расчетно-графическая работа/Статика твердого тела  |
| условия усталостного разрушения, основы теории устойчивости элементов конструкций  | ИД-3ОПК-1        |   |   |   |   | + | + |   |   |   |   | Расчетно-графическая работа/Расчеты на прочность при кручении. Определение перемещений при кручении<br>Контрольная работа/Циклические напряжения |
| порядок расчетов на прочность и жесткость при растяжении-сжатии  | ИД-3ОПК-1        |   |   |   | + |   |   |   |   |   |   | Контрольная работа/Расчеты на прочность при изгибе. Определение перемещений при изгибе   |
| <b>Уметь:</b>  |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| выполнять прочностные расчеты на растяжение (сжатие), жесткость, изгиб и кручение, проводить оценки условий возникновения разрушения | ИД-3ОПК-1        |   |   |   |   |   |   | + | + |   |   | Расчетно-графическая работа/Расчет пластин и оболочек<br>Контрольная работа/Расчеты толстостенных цилиндров                                      |
| подбирать современные конструкционные материалы для обеспечения высоких уровней эксплуатационной надежности и                        | ИД-3ОПК-1        |   |   |   |   |   |   |   |   |   | +                                       | Расчетно-графическая работа/Элементы динамики и устойчивости конструкций   |



|              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| безопасности |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **3 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Основы механики конструкционных материалов (Контрольная работа)
2. Расчеты на прочность при изгибе. Определение перемещений при изгибе (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Статика твердого тела (Расчетно-графическая работа)
2. Статически неопределимые стержневые системы при растяжении (сжатии) (Расчетно-графическая работа)

#### **4 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Расчеты толстостенных цилиндров (Контрольная работа)
2. 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. Элементы динамики и устойчивости конструкций (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### Экзамен (Семестр №3)

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

#### Экзамен (Семестр №4)

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

#### Курсовая работа (КР) (Семестр №4)

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

В диплом выставляется оценка за 4 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### 5.1 Печатные и электронные издания:

1. Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов : учебник для втузов / В. И. Феодосьев . – 13-е изд., стер . – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005 . – 592 с. – (Механика в техническом университете ; Т.2) . - К 175-летию МГТУ им. Н.Э. Баумана . - ISBN 5-7038-2699-3 .;
2. Окопный, Ю. А. Механика материалов и конструкций : Учебник для втузов "Механика материалов и конструкций", "Сопротивление материалов" и родственные им дисциплины / Ю. А. Окопный, В. П. Радин, В. П. Чирков . – М. : Машиностроение, 2001 . – 408 с. - ISBN 5-217-02974-9 .;
3. Мишенков Г. В., Самогин Ю. Н., Чирков В. П.- "Метод конечных элементов в курсе сопротивления материалов", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2015 - (472 с.) [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=71992](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71992).

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование       | Оснащение   |
|---|-------------------------------------|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | А-300, Учебная аудитория "А"        | кресло рабочее, парта, стеллаж, стол преподавателя, стол учебный, стул, трибуна, микрофон, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, колонки, техническая аппаратура, кондиционер, телевизор |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | А-408, Учебная аудитория "А"        | парта, стол преподавателя, стул, доска меловая  |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | А-306, Учебная аудитория "А"        | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая   |
| Помещения для самостоятельной работы                                    | НТБ-201, Компьютерный читальный зал | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер  |
| Помещения для консультирования  | А-306, Учебная аудитория "А"        | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая   |



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Прикладная физика

(название 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.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины                                | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|
|               |  | Неделя КМ: | 4    | 8    | 12   | 15   |
| 1             | Основные понятия механики. Элементарная статика. |            |      |      |      |      |
| 1.1           | Основные понятия механики.                       |            | +    |      |      |      |
| 1.2           | Элементарная статика.                            |            | +    |      |      |      |
| 2             | Основы механики конструкционных материалов.      |            |      |      |      |      |
| 2.1           | Основы механики конструкционных материалов.      |            |      | +    |      |      |
| 3             | Растяжение-сжатие                                |            |      |      |      |      |
| 3.1           | Растяжение-сжатие                                |            |      |      | +    |      |
| 4             | Изгиб  |            |      |      |      |      |
| 4.1           | 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.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины                              | Индекс КМ: | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 | КМ-8 | КМ-9 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|------|
|               |  | Неделя КМ: | 4    | 7    | 10   | 14   | 14   |
| 1             | Кручение                                       |            |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Кручение                                       |            | +    | +    |      |      |      |
| 2             | Циклические напряжения.                        |            |      |      |      |      |      |
| 2.1           | Циклические напряжения.                        |            | +    | +    |      |      |      |
| 3             | Расчеты на прочность тонкостенных конструкций. |            |      |      |      |      |      |
| 3.1           | Пластины .                                     |            |      |      | +    | +    |      |
| 3.2           | Оболочки                                       |            |      |      | +    | +    |      |
| 4             | Расчеты толстостенных цилиндров.               |            |      |      |      |      |      |
| 4.1           | Расчеты толстостенных цилиндров.               |            |      |      | +    | +    |      |
| 5             | Элементы динамики и устойчивости конструкций.  |            |      |      |      |      |      |
| 5.1           | Элементы динамики и устойчивости конструкций.  |            |      |      |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |  |            | 10   | 10   | 30   | 10   | 40   |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Прикладная физика

(название дисциплины)

4 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

КМ-1 часть1

КМ-2 часть2

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

| Номер раздела | Раздел курсового проекта/курсовой работы | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 |
|---------------|--|------------|------|------|
|               |  | Неделя КМ: | 8    | 15   |
| 1             | кручение                                 |            | +    |      |
| 2             | циклические напряжения                   |            | +    |      |
| 3             | задача Ламе                              |            | +    |      |
| 4             | пластины                                 |            |      | +    |
| 5             | оболочки                                 |            |      | +    |
| 6             | динамика вала                            |            |      | +    |
| Вес КМ, %:    |  |            | 50   | 50   |