

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Рябчин Владимир Васильевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 18.07.2023 09:04:19  
Уникальный программный ключ:  
937d0b737ee35db03895d495a275a8aac5224805

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Технологический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ТИ НИЯУ МИФИ)**

## КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ОДОБРЕНО  
Ученым советом ТИ НИЯУ МИФИ  
протокол № 3 от «29» июня 2023 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## Основы расчетов на прочность и жесткость

(наименование дисциплины (модуля))

|                                   |                                                          |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Направление                       | <b>13.03.02 Электроэнергетика и электротехника</b>       |
| подготовки                        |                                                          |
| Профиль подготовки                | <b>Высоковольтная электроэнергетика и электротехника</b> |
| Квалификация (степень) выпускника | <b>бакалавр</b>                                          |
| Форма обучения                    | <b>очная</b>                                             |

|                                       |     |       |
|---------------------------------------|-----|-------|
| Семестр                               | 2   | Итого |
| Трудоемкость, кред.                   | 4   | 4     |
| Общий объем курса, час.               | 144 | 144   |
| Лекции, час.                          | 32  | 32    |
| Практич. занятия, час.                | 32  | 32    |
| Лаборат. работы, час.                 | -   | -     |
| В форме практической подготовки, час. | -   | -     |
| СРС, час.                             | 35  | 35    |
| КСР, час.                             | -   | -     |
| Форма контроля – экзамен              | 45  | 45    |

г. Лесной – 2023 г.

## **АННОТАЦИЯ**

Дисциплина «Основы расчетов на прочность и жесткость» дает представление о прочности и жесткости элементов и деталей конструкций, рассматривает задачи по разработке простых, удобных для практического применения методов расчета типичных, наиболее часто встречающихся элементов конструкций.

### **1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью** учебной дисциплины «расчетов на прочность и жесткость» является в области обучения: дать основные знания и подготовить бакалавра к профессиональной деятельности на предприятиях атомной отрасли, включающей совокупность средств, приемов, способов и методов человеческой деятельности, направленных на формирование интеллектуальных и специальных умений в нестандартных условиях рынка и создание конкурентно-способной продукции; в области воспитания личности: сформировать такие социально-личностные качества, как целеустремленность, организованность, трудолюбие, ответственность за конечный результат своей профессиональной деятельности в области машиностроения, способности самостоятельно приобретать и применять новые знания и умения.

#### **Учебные задачи дисциплины:**

- изучение понятий и представлений, используемых в дисциплине;
- изучение основных методов расчёта типовых элементов конструкций на прочность, жесткость, устойчивость;
- изучение расчётов на прочность при статических нагрузках;
- изучение расчётов на прочность при нагрузках, циклически изменяющихся во времени;
- изучение расчётов на прочность при действии ударных и инерционных нагрузок;
- освоение основных расчетов: проверочного, проектировочного, расчета допускаемой нагрузки.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Дисциплина «Основы расчетов на прочность и жесткость» изучается студентами первого курса, входит в блок общепрофессионального модуля раздела Б.1, обязательной части учебного плана по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника» профиля подготовки «Высоковольтная электроэнергетика и электротехника».

Дисциплина основывается на знании следующих дисциплин: «Физика», «Высшая математика».

Входной компетенцией для изучения дисциплины является:

- Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах (УКЕ-1; Высшая математика, Физика).

Знание дисциплины «Основы расчетов на прочность и жесткость» и приобретаемые студентами знания и навыки необходимы при изучении специальных дисциплин, в которых рассматриваются расчёты на прочность и жёсткость. Знание материалов дисциплины необходимо при выполнении курсового проектирования, квалификационной работы, а также при практической работе выпускников по специальности.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Процесс изучения дисциплины «Основы расчетов на прочность и жесткость» направлен на формирование следующих компетенций: ПК-1

| Код компетенции | Компетенция                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1            | Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические и экологические требования |

Индикаторами достижения компетенций являются:

| Код компетенции | Код индикатора | Индикатор                                                                                                                                                                                |
|-----------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1            | З-ПК-1         | Знать: методы разработки технической документации и нормативную базу для составления информационных обзоров, рецензий, отзывов, заключений на техническую документацию                   |
|                 | У-ПК-1         | Уметь: осуществлять взаимодействие с проектными, конструкторскими организациями и организациями изготовителями электротехнического оборудования, выполнять анализ проектной документации |
|                 | В-ПК-1         | Владеть: навыками использования типовых проектов и анализ применимости указанного в проекте электротехнического оборудования для объекта профессиональной деятельности                   |

### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| Код | Направление/цели | Создание условий, обеспечивающих:                                 | Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----|------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| В16 |                  | формирование культуры исследовательской и инженерной деятельности | Использование воспитательного потенциала дисциплин общепрофессионального модуля для формирования навыков владения эвристическими методами поиска и выбора технических решений в условиях неопределенности через специальные задания (методики ТРИЗ, морфологический анализ, мозговой штурм и др.), культуры инженера-разработчика через организацию проектной, в том числе самостоятельной работы |

| Код | Направление/цели | Создание условий, обеспечивающих: | Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин |
|-----|------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------|
|     |                  |                                   | обучающихся с использованием программных пакетов.          |

Организация интерактивных мероприятий и реализация специализированных заданий с воспитательным и социальным акцентом:

- поиск и оценка возможностей упрощения конструкции (анализ ситуаций);
- поиск возможностей расчета конструкции согласно требованиям технического задания (анализ ситуаций).

Перечисленные мероприятия направлены на:

- формирование у студентов трудовой мотивации и активной профессиональной позиции, личного трудолюбия;
- развитие творческих умений и навыков, формирование творческого профессионально-ориентированного мышления, необходимого для решения нестандартных задач.

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

| № п/п | Наименование раздела учебной дисциплины | Неделя семестра | Виды учебной деятельности, трудоемкость (в часах) |                     |                        | Обяз. текущий контроль успеваемости и (Форма, неделя) | Аттестация раздела (форма, неделя) | Максимальный балл за раздел |
|-------|-----------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
|       |                                         |                 | Лекции                                            | Практическая работа | Самостоятельная работа |                                                       |                                    |                             |
| 1     | Введение.                               | 1               | 2                                                 |                     | 1                      |                                                       | РГЗ 1-3                            | 30                          |
| 2     | Растяжение и сжатие.                    | 2-3             | 4                                                 | 4                   | 2                      |                                                       |                                    |                             |
| 3     | Механические характеристики материала.  | 4               | 2                                                 | 2                   | 2                      |                                                       |                                    |                             |
| 4     | Напряженно-деформируемое состояние.     | 5               | 2                                                 | 2                   | 2                      |                                                       |                                    |                             |
| 5     | Теории прочности.                       | 6               | 2                                                 | 2                   | 2                      |                                                       |                                    |                             |
| 6     | Геометрические характеристики сечений.  | 7               | 2                                                 | 2                   | 2                      | РГЗ 2-8                                               | Т2-13                              |                             |
| 7     | Сдвиг и кручение. Пружины.              | 8-9             | 2                                                 | 4                   | 2                      | Т1- 9                                                 |                                    |                             |
| 8     | Прямой поперечный изгиб.                | 10              | 2                                                 | 2                   | 2                      | РГЗ 3-10                                              |                                    |                             |
| 9     | Деформации балок при изгибе.            | 11              | 2                                                 | 2                   | 2                      |                                                       |                                    |                             |
| 10    | Сложное сопротивление                   | 12              | 4                                                 | 1                   | 2                      | РГЗ 4-12                                              |                                    | 30                          |

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела учебной<br>дисциплины | Неделя семестра | Виды учебной<br>деятельности,<br>трудоемкость (в часах) |                        |                             | Обяз.<br>текущий<br>контроль<br>успеваемости<br>и (Форма,<br>неделя) | Аттеста<br>ция<br>раздела<br>(форма,<br>неделя) | Максим<br>альный<br>балл за<br>раздел |
|----------|-----------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|
|          |                                               |                 | Лекции                                                  | Практическая<br>работа | Самостоятель-<br>ная работа |                                                                      |                                                 |                                       |
| 11       | Статически<br>неопределимые<br>системы        | 13              | 2                                                       | 2                      | 2                           |                                                                      | Т4-16                                           |                                       |
| 12       | Устойчивость сжатых<br>стержней.              | 14              | 2                                                       | 2                      | 2                           | ТЗ-14                                                                |                                                 |                                       |
| 13       | Учет сил инерции.<br>Ударная нагрузка.        | 15              | 2                                                       | 2                      | 2                           |                                                                      |                                                 |                                       |
| 14       | Циклические<br>нагрузки. Усталость            | 16              | 2                                                       | 2                      | 2                           |                                                                      |                                                 |                                       |
|          | Экзамен                                       |                 |                                                         |                        |                             |                                                                      |                                                 | 40                                    |
|          | ИТОГО:                                        |                 | 32                                                      | 32                     | 35                          |                                                                      |                                                 | 100                                   |

## НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ

### 1) Введение

Наука о сопротивлении материалов, ее связь с другими дисциплинами.

Требования к конструкциям и их связь с задачами курса «Основы расчетов на прочность и жесткость».

Деформации и разрушение твердых тел. Деформации упругие и пластические, упругость и пластичность. Деформации линейные и угловые.

Схематизация тел, свойств материалов, внешних сил. Определение стержня, пластины, оболочки. Допущения, принимаемые для материалов. Принцип независимости действия сил. Принцип Сен-Венана. Внешние силы и их классификация. Заданные нагрузки и реакции опор. Нагрузки статические и динамические.

Внутренние силовые факторы и метод их определения (метод сечений). Напряжения: полное, нормальное и касательное. Метод сечений. Внутренние силовые факторы в поперечных сечениях стержня. Классификация типов нагружения стержня по внутренним силовым факторам.

### 2) Центральное растяжение и сжатие

Растяжение и сжатие прямого стержня. Гипотеза Бернулли. Внутренние силы и напряжения, возникающие в поперечных сечениях бруса, их эпюры.

Абсолютное и относительное удлинение стержня, закон Гука. Коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона).

Построение эпюр продольных сил, нормальных напряжений и осевых перемещений сечений.

### 3) Механические характеристики материала

Опытное изучение свойств материалов. Испытание материалов на растяжение и сжатие. Диаграмма растяжения. Основные механические характеристики материала: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, условный предел текучести, предел прочности. Характеристики пластичности материала. Механические свойства материалов при сжатии. Диаграмма сжатия пластичного материала. Диаграммы растяжения и сжатия хрупкого материала. Энергия деформации при растяжении-сжатии.

Расчет на прочность. Допускаемые напряжения и их определение, коэффициент запаса прочности. Составление условий прочности при растяжении; расчет на прочность по напряжениям; расчет на прочность по коэффициенту запаса. Три типа задач при расчете на прочность: проверка прочности, подбор сечений, определение допускаемой нагрузки.

Статически определимые и статически неопределимые системы, методы их решения. Температурные и монтажные напряжения.

#### 4) Теория напряженного и деформируемого состояния

Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений. Главные напряжения и их обозначения. Виды напряженного состояния (линейное, плоское, объемное).

Линейное напряженное состояние. Анализ напряженного состояния при напряжении, закон парности касательных напряжений.

Плоское напряженное состояние. Определение нормальных и касательных напряжений в наклонных сечениях в зависимости от величины главных напряжений; нормальные и касательные напряжения по двум взаимно перпендикулярным сечениям. Круг Мора. Закон Гука при плоском напряженном состоянии.

Объемное напряженное состояние. Обобщенный закон Гука. Тензор деформаций. Инварианты напряженного состояния.

#### 5) Теории прочности.

Назначение и развитие теорий прочности. Понятие эквивалентного напряжения.

Теория наибольших нормальных напряжений; теория наибольших касательных напряжений; теория наибольших линейных удлинений; энергетическая теория прочности. Теория прочности О. Мора

Составление условий прочности при сложном (плоском и объемном) напряженном состоянии по всем теориям прочности.

#### 6) Геометрические характеристики плоских сечений

Статический момент площади плоского сечения.

Осевые, полярные, центробежные моменты инерции. Радиусы инерции.

Зависимость между моментами инерции для параллельных осей. Изменение моментов инерции в зависимости от угла поворота координатных осей.

Осевые моменты инерции простейших сечений относительно центральных осей. Моменты инерции для сложных сечений.

Главные оси и главные моменты инерции.

#### 7) Сдвиг и кручение. Пружины.

Чистый сдвиг как частный случай плоского напряженного состояния. Напряжения и деформация при сдвиге. Закон Гука при сдвиге, модуль упругости при сдвиге. Условие прочности при сдвиге. Потенциальная энергия при сдвиге. Виды расчетов.

Кручение. Кручение прямого бруса круглого поперечного сечения. Анализ напряженного состояния при кручении. Внутренние силовые факторы, касательные напряжения, их эпюры. Полярный момент инерции и момент сопротивления кручению сечения вала.

Допускаемые напряжения при кручении. Деформация кручения. Расчет валов на прочность и жесткость.

Потенциальная энергия деформации при кручении.

Статически неопределимые задачи при кручении. Чистое кручение стержней некруглого сечения.

Напряжения и деформации в винтовых пружинах с малым шагом. Расчет на прочность и жесткость. Проектировочный расчет пружин.

#### 8) Прямой поперечный изгиб.

Деформация прямого поперечного изгиба. Внутренние силовые факторы, возникающие в поперечных сечениях балок, их эпюры.

Дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силовой и интенсивностью нагрузки. Правила для проверки эпюр сил и моментов.

Чистый изгиб. Нормальные напряжения при чистом изгибе. Потенциальная энергия при изгибе. Условие прочности по нормальным напряжениям. Вычисление моментов сопротивления простейших сечений. Моменты сопротивления для сложных сечений. Виды расчетов по нормальным напряжениям. Рациональные сечения балок.

Касательные напряжения при поперечном изгибе. Условие прочности по касательным напряжениям.

Напряженное состояние при изгибе. Расчет по главным напряжениям.

#### 9) Деформации балок при изгибе

Перемещения при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки и его интегрирование. Интеграл Мора. Способ Верещагина.

#### 10) Сложное сопротивление

Сложное сопротивление. Общий алгоритм решения задач.

Косой изгиб. Определение нормальных напряжений. Определение нейтральной оси. Условие прочности при косом изгибе. Определение перемещений.

Расчет на прочность при совместном действии изгиба и растяжения или сжатия. Определение нормальных напряжений в кривом стержне.

Внецентренное сжатие или растяжение. Определение напряжений в поперечных сечениях бруса, определение нейтральной оси. Условие прочности. Ядро сечения.

Расчет на прочность при совместном действии кручения и изгиба. Применение теорий прочности.

#### 11) Статически неопределимые системы

Теоремы о взаимности работ и перемещений.

Расчет статически определимых рам. Внутренние силовые факторы, их эпюры. Определение напряжений и перемещений. Расчет рам на прочность и жесткость.

Статически неопределимые плоские рамы. Степень статической неопределимости. Выбор основной системы. Раскрытие статической неопределимости методом сил. Составление канонических уравнений метода сил.

Расчет на прочность статически неопределимых систем.

Определение перемещений в статически неопределимых системах. Расчет на жесткость.

Статически неопределимые балки.

## 12) Устойчивость сжатых стержней

Устойчивое и неустойчивое равновесие.

Формула Эйлера для определения критической нагрузки сжатого стержня.

Влияние условий закрепления концов стержня на величину критической силы. Формула Эйлера для определения критического напряжения. Влияние условий закрепления концов стержня на величину критической силы.

Пределы применимости формулы Эйлера. Понятие о потере устойчивости при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Формулы Ф.С. Ясинского.

Расчеты сжатых стержней на устойчивость по коэффициентам снижения допускаемых напряжений на простое сжатие. Расчет сжатых стержней на прочность и устойчивость. Подбор сечений сжатых стержней. Проектировочный расчет.

Стержни малой, средней и большой гибкости. Выбор материала и рациональных форм поперечных сечений для сжатых стержней.

## 13) Учет сил инерции. Ударная нагрузка

Учет сил инерции при расчетах на прочность. Вычисление напряжений при равноускоренном движении. Расчет на прочность вращающегося кольца.

Ударная нагрузка и вызываемые ею в системе перемещения и напряжения в случае соударения одного груза с ударяемой системой. Метод расчета на удар по балансу энергии. Расчет на прочность и жесткость при ударе.

Механические свойства материалов при ударе, ударная вязкость материала и ее определение.

## 14) Циклические нагрузки. Усталость.

Свободные колебания систем с одной степенью свободы. Свободные колебания с учетом сил сопротивления. Вынужденные колебания. Резонанс.

Понятие об усталостной прочности. Механизм усталостного разрушения. Сопротивление усталости.

Виды циклов изменения напряжений. Основные характеристики цикла.

Предел выносливости и его определение при симметричном цикле. Кривая усталости. Предел ограниченной выносливости.

Определение предела выносливости при несимметричном цикле. Диаграмма предельных напряжений и амплитуд цикла.

Факторы, влияющие на предел выносливости. Концентрация напряжений. Влияние размеров детали и состояния поверхности на усталостную прочность.

Определение рабочих запасов усталостной прочности при симметричном цикле. Условие прочности.

Определение рабочих запасов усталостной прочности при несимметричном цикле. Условие прочности. Эмпирическая формула Гафа и Поллэрда.

Повышение сопротивления усталости конструктивными и технологическими способами.

### Практические занятия

1. Построение эпюр продольных сил, нормальных напряжений и перемещений по длине стержня.
2. Расчет на прочность. Определение допускаемых напряжений, коэффициента запаса прочности. Три типа задач при расчете на прочность: проверка прочности, подбор сечений, определение допускаемой нагрузки.
3. Определение напряжений и деформаций в линейном, плоском, объемном состоянии.
4. Расчет эквивалентных напряжений по разным теориям прочности и их сравнение.
5. Расчет геометрических характеристик сечений.
6. Построение эпюр крутящих моментов, касательных напряжений и перемещений по длине вала. Расчет пружин. Расчеты на сдвиг.
7. Построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил по длине балки (заделка).
8. Построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил по длине балки (двухопорная балка).
9. Определение перемещений с помощью интеграла Мора.
10. Определение перемещений с помощью метода Верещагина.
11. Расчет статически определимых стержневых систем методом сил.
12. Расчет статически неопределимых стержневых систем методом сил.
13. Определение нормальных напряжений при косом изгибе.
14. Определение нормальных напряжений при совместном действии изгиба и растяжения или сжатия.
15. Определение напряжений при внецентренном сжатии или растяжении.
16. Расчет конструкции на устойчивость.
17. Расчеты на ударную нагрузку.
18. Расчеты на прочность при симметричном цикле нагружения.

### Аудиторные занятия и бюджет времени на самостоятельную подготовку студента

| Учебная неделя | Наименование раздела, краткое наименование темы | Аудиторные занятия (час.) |                      | Практическая подготовка | Самостоятельная работа |
|----------------|-------------------------------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|
|                |                                                 | Лекции                    | Практические занятия |                         |                        |
| 1              | Введение.                                       | 2                         | 2                    | 0                       | 1                      |
| 2-3            | Растяжение и сжатие.                            | 4                         | 4                    | 0                       | 2                      |
| 4              | Механические характеристики материала.          | 2                         | 2                    | 0                       | 2                      |
| 5              | Напряженно-деформируемое состояние.             | 2                         | 2                    | 0                       | 2                      |
| 6              | Теории прочности.                               | 2                         | 2                    | 0                       | 2                      |
| 7              | Геометрические характеристики сечений.          | 2                         | 2                    | 0                       | 2                      |
| 8-9            | Сдвиг и кручение. Пружины.                      | 2                         | 4                    | 0                       | 2                      |
| 10             | Прямой поперечный изгиб.                        | 2                         | 2                    | 0                       | 2                      |
| 11             | Деформации балок при изгибе.                    | 2                         | 2                    | 0                       | 2                      |
| 12             | Сложное сопротивление                           | 4                         | 2                    | 0                       | 2                      |
| 13             | Статически неопределимые системы                | 2                         | 2                    | 0                       | 2                      |

| Учебная<br>неделя | Наименование раздела,<br>краткое наименование темы | Аудиторные занятия<br>(час.) |           | Практическая<br>подготовка | Самостоятельн<br>ая работа |
|-------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|-----------|----------------------------|----------------------------|
| 14                | Устойчивость сжатых стержней.                      | 2                            | 2         | 0                          | 2                          |
| 15                | Учет сил инерции. Ударная нагрузка.                | 2                            | 2         | 0                          | 2                          |
| 16                | Циклические нагрузки. Усталость                    | 2                            | 2         | 0                          | 2                          |
|                   | <b>Итого</b>                                       | <b>32</b>                    | <b>32</b> | <b>0</b>                   | <b>35</b>                  |

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении занятий и организации самостоятельной работы студентов используются:

1. Традиционные технологии обучения, предполагающие передачу информации в готовом виде, формирование учебных умений по образцу: (лекция-изложение, лекция-объяснение, практические работы, контрольные работы).

Использование традиционных технологий обеспечивает ориентирование студента в потоке информации, связанной с различными подходами к функционированию экономики предприятия; самоопределение в выборе оптимального пути и способов личностно-профессионального развития; систематизацию знаний, полученных студентами в процессе аудиторной и самостоятельной работы. Практические занятия обеспечивают развитие и закрепление умений и навыков.

2. Интерактивные технологии обучения, предполагающие организацию обучения как продуктивной творческой деятельности в режиме взаимодействия студентов друг с другом и с преподавателем.

### ИНТЕРАКТИВНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ НА АУДИТОРНЫХ ЗАНЯТИЯХ

| №<br>п/п | Наименование раздела<br>дисциплины (тема)                                                                                                                                                              | Вид занятий<br>(лекция,<br>семинар,<br>практическое<br>занятие,<br>лабораторная<br>работа) | Интерактивные формы<br>обучения                                                                         | Количество<br>часов |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1.       | Расчет на прочность. Определение допускаемых напряжений, коэффициента запаса прочности. Три типа задач при расчете на прочность: проверка прочности, подбор сечений, определение допускаемой нагрузки. | практические занятия                                                                       | блиц-опросы в начале практических занятий (5 занятий X 0,2 ч)<br>Занятие с разбором конкретных ситуаций | 4                   |
| 2.       | Расчет геометрических характеристик сечений.                                                                                                                                                           | практические занятия                                                                       | блиц-опросы в начале практических занятий (5 занятий X 0,2 ч)<br>Занятие с разбором конкретных ситуаций | 4                   |
| 3.       | Построение эпюр                                                                                                                                                                                        | практическое                                                                               | блиц-опросы в начале                                                                                    | 4                   |

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (тема)                                   | Вид занятий (лекция, семинар, практическое занятие, лабораторная работа) | Интерактивные формы обучения                                                       | Количество часов |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|       | изгибающих моментов и поперечных сил по длине балки (двухопорная балка). | занятие                                                                  | практических занятий (5 занятий X 0,2 ч)<br>Занятие с разбором конкретных ситуаций |                  |
|       | <b>Итого</b>                                                             |                                                                          |                                                                                    | <b>12</b>        |

Использование интерактивных образовательных технологий способствует повышению интереса и мотивации учащихся, активизации мыслительной деятельности и творческого потенциала студентов, делает более эффективным усвоение материала, позволяет индивидуализировать обучение и ввести экстренную коррекцию знаний.

### **Организация самостоятельной работы студентов**

Цель самостоятельной работы: закрепление знаний полученных на занятиях. На самостоятельную работу по каждой теме выносятся следующие задания:

Задание 1. Составление тезисного конспекта по теме лекции для самоконтроля и дополнительного изучения темы. Объём тезисной лекции 1-2 страницы письменного текста. Конспект желательно дополнять схемами и таблицами.

Задание 2. Составление глоссария по теме лекции.

Задание 3. Самостоятельное составление тестовых вопросов на тему лекции. Минимальное количество тестовых заданий – 3.

Подготовка к экзамену согласно рабочему плану – 36 часов.

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО, ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| Код  | Проектируемые результаты освоения дисциплины и индикаторы формирования компетенций |           |             | Средства и технологии оценки              |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|-------------------------------------------|
|      | Знать (З)                                                                          | Уметь (У) | Владеть (В) |                                           |
| ПК-1 | З-ПК-1                                                                             | У-ПК-1    | В-ПК-1      | РГЗ1, РГЗ2, РГЗ3, РГЗ4, Т1, Т2, Т3, Т4, Э |

### **Шкала оценки за текущую аттестацию**

| Раздел    | Форма текущего контроля | Максимальный балл за контрольное мероприятие | Максимальный балл за раздел |
|-----------|-------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|
| Введение. | РГЗ-1                   | 15                                           | 30                          |

| Раздел                                    | Форма<br>текущего<br>контроля | Максимальный<br>балл за<br>контрольное<br>мероприятие | Максимальный<br>балл за раздел |
|-------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Растяжение и сжатие.                      | РГЗ-2<br>Т-1                  |                                                       |                                |
| Механические характеристики<br>материала. |                               |                                                       |                                |
| Напряженно-деформируемое состояние.       |                               |                                                       |                                |
| Теории прочности.                         |                               |                                                       |                                |
| Геометрические характеристики сечений.    |                               |                                                       |                                |
| Сдвиг и кручение. Пружины.                | РГЗ-3<br>Т-2                  | 15                                                    |                                |
| Прямой поперечный изгиб.                  |                               |                                                       |                                |
| Деформации балок при изгибе.              |                               |                                                       |                                |
| Сложное сопротивление                     | РГЗ-4                         | 15                                                    | 30                             |
| Статически неопределимые системы          | Т-3<br>Т-4                    | 15                                                    |                                |
| Устойчивость сжатых стержней.             |                               |                                                       |                                |
| Учет сил инерции. Ударная нагрузка.       |                               |                                                       |                                |
| Циклические нагрузки. Усталость           |                               |                                                       |                                |

#### Шкала оценки за промежуточную аттестацию (экзамен)

| Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Шкала оценивания |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| студент полностью раскрыл содержание теоретических вопросов, самостоятельно, без наводящих вопросов, решил предложенную задачу, объяснил и мотивировал решение задачи, смог разъяснить особенности применения теоретических знаний на практике, что может выражаться в уверенных ответах на дополнительные вопросы преподавателя.             | 40-36            |
| студент раскрыл содержание теоретических вопросов, продемонстрировал знания основных понятий и определений, знание специфических для рассматриваемого раздела терминов и их понимание, что может выражаться в уверенном ответе на вопросы преподавателя, но не смог сразу разъяснить особенности применения теоретических знаний на практике. | 35-30            |
| студент раскрыл содержание вопросов с большими затруднениями, требовалась помощь преподавателями в форме наводящих вопросов, напоминания алгоритмов решения задачи, студент затруднялся в объяснении решения задачи                                                                                                                           | 29-24            |
| студент не смог раскрыть содержание теоретических вопросов, продемонстрировать знания в решении задачи, даже если преподаватель пытался помочь в форме наводящих вопросов и напоминания алгоритмов решения задачи                                                                                                                             | 23-0             |

#### Шкала итоговой оценки за семестр

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

| Оценка по 4-балльной шкале | Сумма баллов | Оценка ECTS |
|----------------------------|--------------|-------------|
| 5 – «отлично»              | 90-100       | A           |
| 4 – «хорошо»               | 85-89        | B           |
|                            | 75-84        | C           |
|                            | 70-74        | D           |
| 3 – «удовлетворительно»    | 65-69        | E           |
|                            | 60-64        | F           |
| 2 – «неудовлетворительно»  | Ниже 60      | F           |

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

| Сумма баллов | Оценка ECTS | Уровень приобретенных знаний по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90-100       | A           | «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.                                                            |
| 85-89        | B           | «Очень хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.                            |
| 75-84        | C           | «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками. |
| 65-74        | D           | «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.           |
| 60-64        | E           | «Посредственно» - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.                                                                   |
| Ниже 60      | F           | «Неудовлетворительно» - очень слабые знания, недостаточные для понимания курса, имеется большое количество основных ошибок и недочетов.                                                                                                                                                                                                                      |

Студент считается аттестованным по разделу, экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Контрольные мероприятия, за которые студент получил 0 баллов (неявка в установленный срок), подлежат обязательной пересдаче. Сроки пересдач контрольных мероприятий в течение семестра определяет кафедра.

Студент, пропустивший контрольное мероприятие без уважительной причины или получивший за него неудовлетворительную оценку, после пересдачи контрольного мероприятия получает балл ниже установленного на 25%.

**Вопросы для подготовки к экзамену:**

1. Виды нагружения стержня
2. Пространственный и кривой изгиб
3. Изгиб с растяжением-сжатием
4. Изгиб с кручением
5. Определение перемещений с помощью интегралов Мора. Правило Верещагина
6. Статическая неопределимость. Степень статической неопределенности
7. Метод сил
8. Расчет простейших статически неопределимых систем
9. Устойчивое и неустойчивое упругое равновесие. Критическая сила. Критическое напряжение. Гибкость стержня.
10. Формула Эйлера для критической силы сжатого стержня и пределы ее применимости.
11. Влияние условий закрепления концов стержня на величину критической силы.
12. Устойчивость за пределом пропорциональности. Расчет сжатых стержней на устойчивость
13. Расчеты на прочность с учетом сил инерции.
14. Прочность при ударных нагрузках.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### ***Основная литература***

1. Степин П. А. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебник. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2014. — 320 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3179](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3179)
2. Подскребко М.Д. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : учебник/ Подскребко М.Д.. — Электрон. дан. — Минск: Выш. шк., 2014. — 798 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20140>.

### ***Дополнительная литература***

1. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов.-М.: Бином Лаборатория знаний.-2005.-207 с.
2. Вольмир, А. С. Сопротивление материалов [Текст]: Учебник для вузов/А. С. Вольмир, Ю. П. Григорьев, А. И. Станкевич. – М.: Дрофа, 2007. – 591 с.
3. Кирсанова Э.Г. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кирсанова Э.Г.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2012.— 110 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/733>.
4. Копнов В.А. Сопротивление материалов: руководство для решения задач и выполнения лабораторных и расчетно-графических работ: учеб. пособие.- М.:Выш. шк., 2009.-351 с.
5. Сопротивление материалов: учебник/А.Г. Схиртладзе.- М.: Издательский центр «Академия», 2012.-416с.
6. Сопротивление материалов. Учеб. пособие / под ред. Н.А. Костенко. – М.: Высш. шк., 2007 – 430 с.
7. Щербакова Ю.В. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Щербакова Ю.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Научная книга, 2012.— 159 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8224>

### ***Методические пособия по дисциплине***

1. Буренина, А.М. Расчётно-проектировочные работы: учебное пособие по дисциплине «Сопротивление материалов» для студентов машиностроительных специальностей. — Лесной: ТИ МИФИ, 2005. — 70 с.

2. Буренина, А.М. Сборник лабораторных работ по «Сопротивлению материалов». Часть 1: Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей. — Лесной: ПИЛ МИФИ, 2000. — 51 с.

3. Буренина, А.М. Сборник лабораторных работ по «Сопротивлению материалов». Часть 2: Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей. — Лесной: ПИЛ МИФИ, 2000. — 61 с.

**Программное обеспечение:**

Специальное программное обеспечение не требуется.

**LMS и Интернет-ресурсы:**

1. Образовательный портал НИЯУ МИФИ . URL: <https://online.mephi.ru/>
2. Центр информационно-библиотечного обеспечения учебно-научной деятельности НИЯУ МИФИ URL: <http://library.mephi.ru/>.
3. Электронная информационно-образовательная среда ТИ НИЯУ МИФИ URL: <http://stud.mephi3.ru/>.
4. Электронно-библиотечная система URL: IPRbooks <https://www.iprbookshop.ru/>.
5. Курсы ведущих вузов России платформы Открытое образование <https://openedu.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией.

Лекционный материал изучается в специализированной аудитории, оснащенной современным компьютером с подключенным к нему проектором с видеотерминала персонального компьютера на настенный экран.

Реализация практического раздела рабочей программы дисциплины базируется на наличии лаборатории «Сопротивление материалов».

Каждый студент имеет свой логин и пароль для входа в Электронную информационно-образовательную среду ТИ НИЯУ МИФИ ( <http://stud.mephi3.ru/>)

Каждый студент имеет доступ к электронно-библиотечной системе IPRbooks

---

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

**Автор:** старший преподаватель О.В. Сокерина.