

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Котлы, камеры сгорания и парогенераторы АЭС

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ МЕХАНИКИ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Обязательная</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.О.27</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 91,4 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>5 семестр - 51,7 часа;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>5 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>5 семестр - 0,3 часа;</b>
<b>Защита курсового проекта</b>	<b>5 семестр - 0,3 часа;</b>
	<b>всего - 0,6 часа</b>

**Москва 2019**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Новикова О.В.
	Идентификатор	R2cc3a1e8-NovikovaOV-50471f6]

(подпись)

О.В. Новикова

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
	Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810]

(подпись)

К.А. Плешанов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
	Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810]

(подпись)

К.А. Плешанов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение прикладных вопросов механики сплошной среды (МСС) оставшихся за рамками курса Механика материалов и конструкций, необходимых в профессиональной деятельности по выбранному профилю

### Задачи дисциплины

- изучение математической постановки ряда прикладных задач МСС и основных методов их решения;
- приобретение навыков принятия и обоснования расчетных моделей и схем при решении задач МСС;
- приобретение навыков алгоритмизации статических расчетов с использованием современных вычислительных методов;
- освоение методов численного решения задач МСС, реализованных в современных математических программных комплексах.

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-5 способен рассчитывать элементы энергетических машин и установок с учетом свойств конструкционных материалов, динамических и тепловых нагрузок	ИД-4 <sub>ОПК-5</sub> Демонстрирует знание основ механики деформируемого тела, теории прочности и усталостного разрушения и проводит расчеты элементов конструкций по заданной методике	знать: - принципы создания конечно-элементных математических моделей основных элементов конструкций энергомашиностроения.  уметь: - проводить расчет балок на упругом основании; - рассчитывать элементы конструкций по предельному состоянию; - рассчитывать элементы конструкций с учетом ползучести; - применять метод конечных элементов для расчета элементов конструкций энергомашиностроения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Котлы, камеры сгорания и парогенераторы АЭС (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные понятия дифференциального и интегрального исчисления, теорию обыкновенных линейных дифференциальных уравнений и постановку краевых задач
- знать условия равновесия системы сил, приложенной к твердому телу
- знать основы механики деформируемого твердого тела, общие положения теории прочности
- уметь решать обыкновенные дифференциальные уравнения и краевые задачи
- уметь записывать уравнения статического равновесия для плоской и пространственной систем сил, определять опорные реакции
- уметь определять внутренние силовые факторы и напряжения при различных видах деформации стержней

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 4 зачетных единицы, 144 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	Изгиб балок, лежащих на упругом основании	10	5	2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Выполнение задачи №1 из курсовой работы "Расчет балки, лежащей на упругом основании"</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Изгиб балок, лежащих на упругом основании" и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>                      [1], стр.134-140                      [3], стр.136-139                      [4], стр.8-14                      [5], стр. 89-96</p>	
1.1	Изгиб балок, лежащих на упругом основании	10		2	-	4	-	-	-	-	-	4	-		
2	Основы расчета по предельному состоянию	14		5	-	4	-	-	-	-	-	5	-		<p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Выполнение задачи №2 из курсовой работы "Расчет по предельному состоянию стержневых систем при растяжении - сжатии"</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Основы расчета по предельному состоянию" и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>                      [1], стр.97-102                      [3], стр.311-331                      [4], стр.14-25</p>
2.1	Основы расчета по предельному состоянию	14		5	-	4	-	-	-	-	-	5	-		
3	Применение метода конечных элементов	22		7	-	6	-	-	-	-	-	9	-	<p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Выполнение задачи №5 из курсовой работы</p>	

	для расчета стержневых систем												"Определение собственных частот и форм свободных изгибных колебаний стержня"
3.1	Применение метода конечных элементов для расчета стержневых систем	22	7	-	6	-	-	-	-	-	9	-	<b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Выполнение задачи №4 из курсовой работы "Применение метода конечных элементов для расчета стержневых систем при изгибе" <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Выполнение задачи №3 из курсовой работы "Применение метода конечных элементов для расчета стержня при растяжении - сжатии" <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Применение метода конечных элементов для расчета стержневых систем" и подготовка к контрольной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр.81-85;111-120 [3], стр.182-193;397-402 [4], стр.25-55
4	Элементы теории ползучести	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу Элементы теории ползучести
4.1	Элементы теории ползучести	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Элементы теории ползучести" и подготовка к контрольной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр.75-77
	Зачет с оценкой	18.00	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.70	
	Курсовой проект (КП)	72.0	-	-	-	16	-	4	-	0.3	51.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.00</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.6</b>	<b>73.7</b>	<b>17.70</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.00</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.6</b>	<b>91.40</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Изгиб балок, лежащих на упругом основании

##### 1.1. Изгиб балок, лежащих на упругом основании

Дифференциальное уравнение изгиба балки на упругом основании. Гипотеза Винклера. Построение решения об изгибе бесконечно протяженных балок. Понятие о краевом эффекте. Применение метода начальных параметров к расчету балок конечной длины. Функции А.Н.Крылова.

#### 2. Основы расчета по предельному состоянию

##### 2.1. Основы расчета по предельному состоянию

Упруго-пластическое поведение стержней при растяжении-сжатии. Пример расчета предельной нагрузки статически неопределимой стержневой системы. Предельное состояние при изгибе. Пластический момент сопротивления сечения при изгибе. Предельный момент. Предельное состояние при кручении. Определение предельного крутящего момента. Пластический момент сопротивления сечения при кручении стержня кругового поперечного сечения. Расчет толстостенных цилиндров по предельному состоянию.

#### 3. Применение метода конечных элементов для расчета стержневых систем

##### 3.1. Применение метода конечных элементов для расчета стержневых систем

Основные уравнения теории упругости. Сущность аппроксимации сплошной среды по МКЭ. Основная система разрешающих уравнений МКЭ. Учет статических и кинематических ГУ. МКЭ в расчетах стержневых конструкций. Построение матриц жесткости при растяжении-сжатии, кручении, изгибе. Вектор эквивалентных узловых сил. Примеры расчета стержневых конструкций на прочность и жесткость МКЭ. Учет симметрии в МКЭ. Обобщенная проблема собственных значений. Построение матрицы инерции КЭ. Оценка собственных частот при продольных и изгибных колебаниях.

#### 4. Элементы теории ползучести

##### 4.1. Элементы теории ползучести

Кривые ползучести. Характеристики прочности при ползучести. Система разрешающих уравнений при ползучести. Установившаяся ползучесть лопаток паровых и газовых турбин.

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

1. Расчеты по предельному состоянию стержневых систем;
2. Задачи ползучести в стержневых системах;
3. Применение метода конечных элементов для расчета стержневых систем;
4. Изгиб балок, лежащих на упругом основании.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

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

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 "Изгиб балок, лежащих на упругом основании"

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 "Основы расчета по предельному состоянию"
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 "Применение метода конечных элементов для расчета стержневых систем"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Изгиб балок, лежащих на упругом основании"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы расчета по предельному состоянию"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Применение метода конечных элементов"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Элементы теории ползучести"

**3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ  
5 Семестр**

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Расчеты элементов энергомашиностроительных конструкций

**График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4, 5	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	20	20	20	40	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	20	40	60	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Расчет балки на упругом основании
2	Расчет по предельному состоянию статически неопределимых стержневых систем
3	Расчет на прочность и жесткость МКЭ ступенчатого стержня, работающего на растяжение-сжатие
4	Расчет на прочность и жесткость МКЭ плоской стержневой системы, работающей на изгиб
5	Определение собственных частот и форм свободных изгибных колебаний стержня

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

Запланированные результаты обучения по дисциплине (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	
<b>Знать:</b>						
принципы создания конечно-элементных математических моделей основных элементов конструкций энергомашиностроения	ИД-4ОПК-5			+		Контрольная работа/Применение МКЭ для расчета стержневых систем
<b>Уметь:</b>						
применять метод конечных элементов для расчета элементов конструкций энергомашиностроения	ИД-4ОПК-5			+		Контрольная работа/Применение МКЭ для расчета стержневых систем
рассчитывать элементы конструкций с учетом ползучести	ИД-4ОПК-5				+	Контрольная работа/Элементы теории ползучести
рассчитывать элементы конструкций по предельному состоянию	ИД-4ОПК-5		+			Контрольная работа/Основы расчета по предельному состоянию
проводить расчет балок на упругом основании	ИД-4ОПК-5	+				Контрольная работа/Изгиб балок, лежащих на упругом основании

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

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

#### **5 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

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

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

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

#### *Зачет с оценкой (Семестр №5)*

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

#### *Курсовой проект (КП) (Семестр №5)*

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 5 семестр.

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

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

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Минин, Л. С. Сопротивление материалов. Расчетные и тестовые задания : учебное пособие для академического бакалавриата вузов по инженерно-техническим направлениям, по дисциплине "Сопротивление материалов" / Л. С. Минин, Ю. П. Самсонов, В. Е. Хроматов ; ред. В. Е. Хроматов . – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2017 . – 224 с. – (Бакалавр. Академический курс) . - ISBN 978-5-534-04328-0 .;
2. 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);
3. 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 .;
4. Специальные главы механики сплошной среды : практикум по направлению "Энергетическое машиностроение" / О. В. Новикова, В. Э. Цой, В. Ю. Волоховский, А. В. Бесова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 68 с. - ISBN 978-5-7046-2176-8 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10909](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10909);

5. Новикова О.В.- "Лекции по сопротивлению материалов в структурно-логических схемах",  
Издательство: "МЭИ", Москва, 2017 - (260 с.)  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010761.html>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. SmathStudio;
4. GNU Octave.

### 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. 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	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-411, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-411, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	Д-323, Помещение каф. МиПЭУ	стол, стул, шкаф
Помещения для консультирования	Б-109/1, Рабинет сотрудников каф. "РМДиПМ"	стол, стул, шкаф, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	С-114/1, Массажная	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Специальные главы механики сплошной среды

(название дисциплины)

#### 5 семестр

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

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

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Изгиб балок, лежащих на упругом основании					
1.1	Изгиб балок, лежащих на упругом основании		+			
2	Основы расчета по предельному состоянию					
2.1	Основы расчета по предельному состоянию			+		
3	Применение метода конечных элементов для расчета стержневых систем					
3.1	Применение метода конечных элементов для расчета стержневых систем				+	
4	Элементы теории ползучести					
4.1	Элементы теории ползучести					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

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

**Специальные главы механики сплошной среды**

(название дисциплины)

**5 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

- КМ-1 Проверка выполнения задачи №1
- КМ-2 Проверка выполнения задачи №2
- КМ-3 Проверка выполнения задачи №3
- КМ-4 Проверка выполнения задач №4,5

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Расчет балки на упругом основании		+			
2	Расчет по предельному состоянию статически неопределимых стержневых систем			+		
3	Расчет на прочность и жесткость МКЭ ступенчатого стержня, работающего на растяжение-сжатие				+	
4	Расчет на прочность и жесткость МКЭ плоской стержневой системы, работающей на изгиб					+
5	Определение собственных частот и форм свободных изгибных колебаний стержня					+
Вес КМ, %:			20	20	20	40