

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрические станции, Эксплуатация релейной защиты, автоматики и электрооборудования, Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем, Электроэнергетические системы и сети, Электроснабжение, Электроснабжение и кабельные сети, Высоковольтные электроэнергетика и электротехника, Менеджмент в электроэнергетике и электротехнике, Техника и электрофизика высоких напряжений

Уровень образования: бакалавр

Форма обучения: очная



УТВЕРЖДАЮ

Директор ДФ НИУ «МЭИ»

С.А.Абдулкеримов

28.01.2025 г.

Рабочая программа дисциплины
СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Блок	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы	обязательная
Индекс дисциплины по учебному плану	Б1.О.17
Трудоемкость в зачетных единицах	3 семестр – 5;
Часов (всего) по учебному плану	180
Лекции	3 семестр – 32 часа
Практические занятия	3 семестр – 32 часа
Лабораторные работы	Учебным планом не предусмотрены
Консультации по курсовому проекту/ работе:	
групповые	3 семестр – 16 часов
индивидуальные	3 семестр – 4 часа
Самостоятельная работа	3 семестр – 59,7 часа
включая:	
курсовую работу	3 семестр – 15,7 часа
Промежуточная аттестация:	
экзамен	3 семестр – 2,5 часов
защита курсовой работы	3 семестр – 0,3 часов
Контроль:	
экзамен	3 семестр – 33,5 часов

Душанбе 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

к.т.н. и.о. доцент кафедры «Естественных наук»
(название кафедры)

Fay Doh

(подпись)

Тауров Э.Ш.

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой ЕН (название кафедры)

Макеев-
(подпись)

Самаров Ш.Ш.

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является изучение инженерных методов расчета элементов конструкций и деталей машин электроэнергетического оборудования на прочность, жесткость и устойчивость.

Задачами дисциплины являются:

– изучение разделов механики деформируемого твердого тела, связанных с расчетами на прочность, жесткость и устойчивость стержневых элементов конструкций электроэнергетического оборудования;

– приобретение навыков системного анализа при расчетах и проектировании элементов конструкций, находящихся под действием статических и температурных нагрузок;

– овладение методами прочностных расчетов статически определимых и статически неопределеных стержневых систем, находящихся под действием статических и температурных нагрузок;

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-4 Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности	ИД-3опк-4 Выполняет расчеты на прочность простых конструкций	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">– основы механики деформируемого твердого тела, общие положения теории прочности, жесткости и устойчивости; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">– рассчитывать внутренние усилия и напряжения в статически определимых и статически неопределенных стержневых системах при статических и температурных нагрузках, с учетом возможной потери устойчивости;– использовать условия прочности и жесткости для расчета конструктивных элементов, находящихся в условиях растяжения-сжатия, изгиба, кручения, сложного нагружения и продольного изгиба;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Математический анализ», «Физика», « Теоретическая механика», « Конструкционное материаловедение», « Инженерная и компьютерная графика».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении дисциплины «Надежность электроэнергетического оборудования» и при выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 144 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы							Содержание самостоятельной работы	
				Контактная						СР	Конт- роль	
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА			
1	Основные понятия и гипотезы механики деформируемого твердого тела (метод сечений, основные виды деформаций стержней, внутренние силовые факторы, понятие о напряжениях и деформациях)	13	3	4	4	–	–	–	–	5	–	[1], стр.17-30 или [2], стр.11-23;
2	Вопросы прочности и надежности в механике деформируемого твердого тела. Расчет на прочность по допускаемым напряжениям.	8	3	2	2	–	–	–	–	4	–	[1], стр.79-91, 99-102 или [2], стр.97-104;
3	Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии).	16	3	4	6	–	–	–	–	6	–	[1], стр.37-57; [2], стр.24-27; [4], стр.4-6, 30-34; [3], стр.16-51 или [5], стр.86-101
4	Геометрические характеристики сечений. Кручение стержней кругового поперечного сечения. Расчеты на прочность и жесткость при кручении. Расчет пружин.	12	3	4	4	–	–	–	–	4	–	[1], стр.103-121, 142-154 или [3], стр.74-77, 84-85, 96-99, 101-107, 109-120 или [2], стр.28-35; [4], стр.6-7; [5], стр.106-108
5	Расчеты на прочность и жесткость при изгибе балок	18	3	6	6	–	–	–	–	6	–	[1], стр.157-177 или [2], стр.35-43, 55-57 или [3], стр.130-159, 174-183
6	Понятие о напряженном	14	3	5	3	–	–	–	–	6	–	[1], стр.227-273 или [2], стр.97-128

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы							Содержание самостоятельной работы	
				Контактная						СР	Конт- роль	
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА			
	состоянии. Виды напряженного состояния. Прочность материалов при сложном напряженном состоянии. Критерии текучести для пластичных и хрупких материалов.											или [3], стр.51-73, 319-346
7	Сложные виды нагружения стержней. Косой изгиб. Сочетание изгиба с растяжением. Расчет вала.	18	3	5	5	–	–	–	–	8	–	[1], стр.207-215 или [2], стр.60-67 или [3], стр.283-291, 296-299, 305-307; [4], стр.7-8; [5], стр.108-118
8	Расчеты на устойчивость сжатых стержней.	9	3	2	2	–	–	–	–	5	–	[1], стр.505-518 или [2], стр.79-89 или [3], стр.408-425;
9	Курсовая работа	36	3	–	–	–	16	4	0,3	15,7	–	Согласно графику выполнения
10	Экзамен	36	3	–	–	–	–	–	2,5	–	33,5	Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена
Итого:		180	3	32	32	–	16	4	2,8	59,7	33,5	

Примечание: Лек – лекции; Пр – практические занятия; Лаб – лабораторные работы; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ПА – промежуточная аттестация; СР – самостоятельная работа студента.

3.2. Краткое содержание разделов:

3 семестр

1. Общие понятия механики деформируемого твердого тела

Общие положения о свойствах материалов. Классификация внешних сил. Внутренние силы в стержне. Метод сечений. Основные виды деформаций стержней. Понятие о напряжениях и деформациях. Основные гипотезы сопротивления материалов.

Растяжение (сжатие) призматического стержня. Закон Гука при одноосном растяжении. Определение напряжений и деформаций. Примеры.

2. Вопросы прочности и надежности

Опытное изучение механических свойств материалов при растяжении и сжатии. Пластичные и хрупкие материалы. Сравнение свойств материалов при растяжении и сжатии.

Вопросы прочности и надежности в механике деформируемого твердого тела. Понятие о прочности, жесткости, устойчивости, отказах и дефектах конструкций. Расчет на прочность по допускаемым напряжениям. Коэффициенты запаса. Три вида расчетов на прочность и жесткость (на примере растяжения): определение допускаемых внешних нагрузок, размеров сечений (проектный расчет), проверка прочности или жесткости.

3. Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)

Основные гипотезы. Определение напряжений и деформаций. Расчеты на прочность и жесткость. Статически определимые и статически неопределенные стержневые системы. Особенности, присущие статически неопределенным системам (распределение усилий в зависимости от жесткости элементов, температурные и монтажные усилия и напряжения. Примеры.

4. Геометрические характеристики сечений. Кручение. Расчет пружин

Статические моменты сечения. Центр тяжести сечения. Моменты инерции сечения. Изменение моментов инерции сечений при параллельном переносе осей. Главные оси и главные моменты инерции сечения. Примеры.

Предпосылки теории кручения стержней кругового поперечного сечения. Закон Гука при чистом сдвиге. Вывод формул для касательных напряжений и углов закручивания. Практические расчеты на прочность и жесткость при кручении. Рациональные поперечные сечения. Примеры.

Расчет цилиндрических витых пружин. Максимальные касательные напряжения и осадка пружин. Жесткость пружин. Подбор параметров пружин Примеры

5. Расчеты на прочность и жесткость при изгибе

Классификация видов изгиба. Дифференциальные зависимости при изгибе. Построение эпюр внутренних силовых факторов при изгибе балок и плоских рам. Основные гипотезы и вывод формулы для нормальных напряжений при изгибе. Условие прочности. Практические расчеты на прочность при изгибе. Рациональные поперечные сечения. Примеры.

Определение перемещений в линейно-упругих стержневых системах по формуле Максвелла-Мора. Метод Симпсона для вычисления интеграла Максвелла-Мора. Примеры.

Статически неопределенные системы при изгибе. Метод сил. Последовательность расчета по методу сил. Расчеты на прочность и жесткость статически неопределенных систем при изгибе.

6. Понятие о напряженном состоянии. Прочность материалов при сложном напряженном состоянии

Понятие о напряженном состоянии. Закон парности касательных напряжений. Вывод формул для главных напряжений. Определение положения главных площадок.

Прочность материалов при сложном напряженном состоянии. Критерии текучести для пластичных материалов (Критерий Сен-Венана, Критерий Мизеса). Критерий хрупкого разрушения (Критерий Мора)

7. Сложные виды деформаций

Сложные виды деформации. Условия применения принципа суперпозиции. Косой изгиб. Внекентренное растяжение (сжатие). Сочетание изгиба с растяжением (сжатием). Расчет валов кругового поперечного сечения при изгибе с кручением. Примеры

8. Расчеты на устойчивость сжатых стержней

Понятие об устойчивых и неустойчивых формах равновесия сжатого стержня. Продольный изгиб, критическая сила. Формула Эйлера для разных случаев опорных закреплений стержня. Граница применимости формулы Эйлера. Потеря устойчивости при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Формула Ф.С. Ясинского. Зависимость критических напряжений от гибкости стержня. Особенности практических расчетов на устойчивость. Условие устойчивости. Рациональные типы поперечных сечений сжатых стержней.

3.3. Темы практических занятий:

3 семестр

1. Расчет опорной конструкции в виде плоской фермы (2 часа)
2. Расчет ступенчатого бруса под действием внешних сил и температуры (2 часа)
2. Расчет стержневых элементов при растяжении (сжатии) (3 часа)
3. Определение температурных и монтажных усилий в стержнях (2 часа)
4. Геометрические характеристики сечений (1 часа)
5. Расчет стержневых элементов при кручении (2 часа)
6. Расчет пружин (1 час)
7. Построение эпюр внутренних силовых факторов при изгибе (3 часа)
8. Расчеты на прочность при изгибе (2 часа)
9. Определение перемещений при изгибе. (2 часа)
10. Статически неопределеные системы при изгибе (4 часа)
10. Напряженное состояние (2 часа)
11. Сложные виды деформаций (4 часа)
12. Расчеты на устойчивость (2 часа)

3.4. Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

3.5. РГР учебным планом не предусмотрены

3.6. Тематика курсовых проектов/курсовых работ

3 семестр

Курсовая работа: Расчеты на прочность элементов конструкций электроэнергетического оборудования

График выполнения курсового проекта/курсовой работы

Неделя	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Зачетная
Раздел курсовой работы	1	2	3	4	5		6		7		8		9		10		Защита курсовой работы
Объем раздела, %	10	15	15	10	10		15		13		12		—		—		
Выполненный объем нарастающим итогом, %	15	25	40	50	60		75		88		100		—		—		

Номер	Раздел курсовой работы
-------	------------------------

раздела	
1	Расчет ферменной конструкции опоры ЛЭП
2	Расчет многоступенчатого бруса под действием внешних сил и температуры
3	Расчет системы проводников
4	Расчет стержневых элементов электротехнического оборудования при кручении
5	Расчет на изгиб токоведущей шины
6	Расчет на прочность и жесткость статически неопределеных балок
7	Расчет на прочность при косом изгибе
8	Расчет промежуточного вала редуктора

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	5	6	7	8	
Знать:										
основы механики деформируемого твердого тела, общие положения теории прочности, жесткости и устойчивости;	ИД-Зопк-4	X	X							Письменный опрос «Основные понятия механики деформируемого твердого тела. Расчет фермы»
Уметь:										
рассчитывать внутренние усилия и напряжения в статически определимых и статически неопределенных стержневых системах при статических и температурных нагрузках работающих при растяжении(сжатии) и в стержнях работающих на кручение	ИД-Зопк-4		X	X	X					Контрольная работа №1 «Расчеты на прочность и жесткость стержневых систем при растяжении (сжатии). Расчеты на прочность и жесткость стержневых элементов при кручении. Расчет пружин»
использовать условия прочности и жесткости для расчета конструктивных элементов, находящихся в условиях растяжения-сжатия, изгиба, кручения, сложного нагружения; рассчитывать элементы конструкции на устойчивость	ИД-Зопк-4				X	X	X	X		Контрольная работа №2 «Расчеты на прочность и жесткость при изгибе. Напряженное состояние» Контрольная работа №3 «Сложные виды нагружения стержней. Расчеты на устойчивость»

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:

3 семестр

– тестирование:

1. «Основные понятия механики деформируемого твердого тела. Расчет фермы»

– контрольные работы:

1. «Расчеты на прочность и жесткость стержневых систем при растяжении (сжатии)»

2. «Расчеты на прочность и жесткость стержневых элементов при кручении. Расчет пружин»

3. «Расчеты на прочность и жесткость при изгибе. Сложные виды нагружения стержней»

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового работы является приложением Б.

4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):

3 семестр

Экзамен

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

Защита курсовой работы

Оценка за курсовую работу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В приложение к диплому выносится оценка за 3 семестр и за курсовую работу.

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 вузов / В. И. Феодосьев ; – 16-е изд., стер . – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 544 с.

2. **Хроматов В. Е.** Лекции по сопротивлению материалов в структурно-логических схемах: учебное пособие / В. Е. Хроматов, О. В. Новикова – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – 260 с.

3. **Ицкович, Г. М.** Руководство к решению задач по сопротивлению материалов: Учебное пособие для вузов / Г. М. Ицкович, Л. С. Минин, А. И. Винокуров. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2001. – 592 с.

4. **Расчеты на прочность элементов конструкций электротехнического оборудования:** методические указания к курсовому проектированию по курсу

"Сопротивление материалов"/Г.В.Мишенков, В.Г.Москвин, В.Э.Цой, О.В.Новикова - М.: Издательство МЭИ, 2018. – 36 с.

5. Минин Л.С. Сопротивление материалов. Расчетные и тестовые задания: учеб. пособие для академического бакалавриата /Л. С. Минин, Ю. П. Самсонов, В.Е. Хроматов – 3-е изд., испр. и доп.-М.: Издательство Юрайт, 2017. - 224 с.

5.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение: Microsoft Office, MathCAD

5.3. Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>

Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>

Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>

База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>

База данных Scopus <https://www.scopus.com>

Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>

База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ
<https://rosmintrud.ru/opendata>

База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ
<http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>

База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>

Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>

Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" <https://www.polpred.com>

Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>

Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения освоения дисциплины необходимо наличие учебной аудитории.