

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

Направление подготовки/специальность: 15.03.03 Прикладная механика

Наименование образовательной программы: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Вариативная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.11.08.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 6;
Часов (всего) по учебному плану:	216 часов
Лекции	6 семестр - 42 часа;
Практические занятия	6 семестр - 28 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	6 семестр - 16 часов;
Самостоятельная работа	6 семестр - 125,2 часа;
в том числе на КП/КР	6 семестр - 53,7 часа;
Иная контактная работа	6 семестр - 4 часа;
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Защита курсового проекта	6 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецов С.Ф.
	Идентификатор	Rb27d2feb-Kuznetsov5F-e9466b63

(подпись)

С.Ф. Кузнецов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

(подпись)

Е.В. Позняк

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883f

(подпись)

И.В. Меркурьев

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основных положений, математических моделей и методов механики идеально упругих тел, необходимых в профессиональной деятельности по направлению подготовки

Задачи дисциплины

- освоение фундаментальных положений и системы понятий механики деформируемого твердого тела и теории упругости;
- изучение математических постановок задач теории упругости и аналитических методов их решения;
- формирование знаний об основных свойствах решений задач теории упругости и закономерностях упругого деформирования элементов конструкций;
- формирование начальных навыков создания идеализированных расчетных моделей элементов конструкций.

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
ПК-1 способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат		знать: - основные положения механики деформируемого твердого тела и теории упругости, определения и физический смысл характеристик напряженно-деформированного состояния, закономерности, определяющие деформирование упругих тел, и их физико-механические характеристики. уметь: - формулировать задачи теории упругости для заданных расчетных схем.
ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности		знать: - основные уравнения, математические постановки основных краевых задач и принципы линейной теории упругости. уметь: - использовать аналитические методы для решения плоских краевых задач теории упругости, проводить анализ результатов определения напряженно-деформированного состояния.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока дисциплин основной профессиональной образовательной программе Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры (далее – ОПОП), направления подготовки 15.03.03 Прикладная механика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы математического анализа, линейной алгебры, теории обыкновенных дифференциальных уравнений
- знать формулировки классических задач математической физики и методы их решения
- знать основы классической механики
- знать основы механики твердого деформируемого тела и механики материалов и конструкций
- уметь использовать аппарат математического анализа, линейной алгебры и методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений для решения задач отдельных классов
- уметь применять основные принципы классической механики и методы механики материалов и конструкций для расчетов простейших механических систем

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 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ 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	Основы теории упругости	26	6	10	-	6	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Изучение материалов по разделу "Основы теории упругости" и подготовка к контрольному тестированию, направленные на освоение гипотез теории упругости, определений и физического содержания характеристик геометрических изменений деформируемого тела и возникающих при этом внутренних сил <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 9-45 [2], с 8-24, 32-47, 51-65</p>	
1.1	Введение в теорию упругости	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-		
1.2	Кинематический и статический анализ сплошной среды	22		8	-	6	-	-	-	-	-	-	8		-
2	Основные краевые задачи теории упругости	32		12	-	8	-	-	-	-	-	-	12		-
2.1	Уравнения состояния идеально упругого тела	12		4	-	2	-	-	-	-	-	-	6		-
2.2	Основные уравнения и краевые задачи теории упругости	20	8	-	6	-	-	-	-	-	-	6	-	<p>состояния идеально упругих тел при внешних воздействиях и корректных постановок соответствующих математических задач <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 55-63 [2], с. 65-71</p>	
3	Формулировки и	50	20	-	14	-	-	-	-	-	-	16	-		<u>Подготовка к контрольной работе:</u>

	методы решения плоских задач теории упругости и задач свободного кручения												Изучение материалов по разделу "Формулировки и методы решения плоских задач теории упругости и задач свободного кручения" и подготовка к контрольной работе, ориентированные на умение корректно формулировать плоские задачи теории упругости и задачи свободного кручения и применять для их решения классические аналитические методы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 63-67, 110-118 [2], с. 190-201, 255-268с.152-167 [3], с. 1-20
3.1	Плоская задача теории упругости	32	12	-	10	-	-	-	-	-	10	-	
3.2	Свободное кручение призматических стержней	18	8	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовой проект (КП)	72.0	-	-	-	14	-	4	-	0.3	53.7	-	
	Всего за семестр	216.0	42	-	28	14	2	4	-	0.8	91.7	33.5	
	Итого за семестр	216.0	42	-	28	16		4		0.8	125.2		

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. Основы теории упругости

1.1. Введение в теорию упругости

Предмет изучения и основные понятия теории упругости. Аксиоматические основы теории упругости. Классическая теория упругости как фундаментальный раздел механики деформируемого твердого тела. Понятие о неклассических теориях упругости. Краткий исторический очерк развития. Прикладное значение теории упругости.

1.2. Кинематический и статический анализ сплошной среды

Понятие материального континуума. Векторное поле перемещений. Способы представления поля перемещений. Тензорное поле деформаций. Тензоры деформаций Эйлера-Альманзи и Лагранжа-Грина. Тензор малых деформаций Коши. Тензор малых вращений. Уравнения совместности деформаций. Понятие внутренних сил. Вектор напряжения на элементарной площадке. Формулы Коши. Тензор напряжений. Уравнения равновесия Навье. Закон парности касательных напряжений. Условия равновесия на границе.

2. Основные краевые задачи теории упругости

2.1. Уравнения состояния идеально упругого тела

Понятие уравнений состояния. Основные свойства уравнений состояния идеально упругого тела. Линейно упругое тело. Обобщенный закон Гука. Тензор коэффициентов упругости. Общая упругая анизотропия. Закон Гука для изотропного тела. Технические упругие постоянные. Термодинамические ограничения на величины упругих постоянных.

2.2. Основные уравнения и краевые задачи теории упругости

Полная система соотношений теории упругости. Уравнения в перемещениях и напряжениях. Основные краевые задачи теории упругости. Понятие корректности постановки краевых задач. Принцип суперпозиции решений. Принцип Сен-Венана. Постановки задач с краевыми условиями «в среднем».

3. Формулировки и методы решения плоских задач теории упругости и задач свободного кручения

3.1. Плоская задача теории упругости

Плоская деформация, плоское напряженное состояние и обобщенное плоское напряженное состояние. Общая формулировка плоской задачи теории упругости. Функция напряжений. Краевая задача для функции напряжений. Теорема Леви. Решение плоской задачи в полиномах. Решение плоской задачи методом рядов Фурье. Решение плоской задачи методом преобразования Фурье.

3.2. Свободное кручение призматических стержней

Постановка задачи Сен-Венана о кручении. Полуобратный метод Сен-Венана. Функция депланации. Сведение задачи о кручении к краевым задачам Неймана и Дирихле для уравнения Лапласа. Функция напряжений Прандтля. Сведение задачи о кручении к краевой задаче Дирихле для уравнения Пуассона. Свойства решений задачи о кручении. Решение задач кручения в полиномах. Решение задач кручения методом рядов Фурье.

3.3. Темы практических занятий

1. Формулы Коши. Тензор напряжений;
2. Постановка задачи Сен-Венана о кручении. Решение задач кручения для стержней эллиптического и треугольного сечения;
3. Решение плоской задачи методом преобразования Фурье. Задачи Фламана, Черути, Максвелла;
4. Решение плоской задачи методом рядов Фурье;
5. Формулировка плоских задач теории упругости. Решение плоской задачи в полиномах;
6. Математические формулировки краевых задач теории упругости с применением обобщенных функций;
7. Математические формулировки краевых задач теории упругости. Постановка краевых задач с краевыми условиями «в среднем»;
8. Обобщенный закон Гука. Закон Гука для изотропного тела;
9. Тензор малых деформаций.

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 преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части раздела "Основы теории упругости"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части раздела "Основные краевые задачи теории упругости"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части темы "Плоская задача теории упругости "

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 6 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Курсовая работа: "Постановка и методы решения плоских задач теории упругости"

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 8	9 - 12	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	50	50	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	50	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Формулировка краевых задач теории упругости. Решение плоских задач в полиномах
2	Решение плоских задач теории упругости методом интегральных преобразований

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	
Знать:					
основные положения механики деформируемого твердого тела и теории упругости, определения и физический смысл характеристик напряженно-деформированного состояния, закономерности, определяющие деформирование упругих тел, и их физико-механические характеристики	ПК-1(Компетенция)	+			Тестирование/Основы теории упругости
основные уравнения, математические постановки основных краевых задач и принципы линейной теории упругости	ПК-2(Компетенция)		+		Контрольная работа/Основные краевые задачи теории упругости
Уметь:					
формулировать задачи теории упругости для заданных расчетных схем	ПК-1(Компетенция)			+	Контрольная работа/Основные краевые задачи теории упругости
использовать аналитические методы для решения плоских краевых задач теории упругости, проводить анализ результатов определения напряженно-деформированного состояния	ПК-2(Компетенция)			+	Контрольная работа/Формулировки и методы решения плоских задач теории упругости

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Основные краевые задачи теории упругости (Контрольная работа)
2. Основы теории упругости (Тестирование)
3. Формулировки и методы решения плоских задач теории упругости (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

Итоговая оценка по курсу определяется по результатам промежуточной аттестации и контроля текущей успеваемости в соответствии с действующим Положением о проведении промежуточной аттестации НИУ "МЭИ"

Курсовой проект (КП) (Семестр №6)

Итоговая оценка по курсу определяется по результатам промежуточной аттестации и контроля текущей успеваемости в соответствии с действующим Положением о проведении промежуточной аттестации НИУ "МЭИ"

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Горшков А. Г., Старовойтов Э. И., Тарлаковский Д. В.- "Теория упругости и пластичности", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2002 - (416 с.)
https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=47541;
2. Хан, Х. Теория упругости: Основы линейной теории и ее применения : пер. с нем. / Х. Хан . – М. : Мир, 1988 . – 344 с.;
3. Кузнецов, С. Ф. Теория упругости. Постановка и методы решения плоских задач теории упругости. Методические указания к курсовому проекту : методическое пособие по курсу "Теория упругости" по направлению "Прикладная механика" / С. Ф. Кузнецов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2012 . – 20 с.
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4395.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;

4. Майнд Видеоконференции;
5. Acrobat Reader;
6. Scilab.

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
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. 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
	Б-413, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-413, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-407, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Б-110/3, Кабинет сотрудников каф. "РМДиПМ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Б-06а, Учебная лаборатория	стеллаж для хранения книг

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория упругости

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Основы теории упругости (Тестирование)

КМ-2 Основные краевые задачи теории упругости (Контрольная работа)

КМ-3 Формулировки и методы решения плоских задач теории упругости (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	8	12
1	Основы теории упругости				
1.1	Введение в теорию упругости		+		
1.2	Кинематический и статический анализ сплошной среды		+		
2	Основные краевые задачи теории упругости				
2.1	Уравнения состояния идеально упругого тела			+	
2.2	Основные уравнения и краевые задачи теории упругости			+	
3	Формулировки и методы решения плоских задач теории упругости и задач свободного кручения				
3.1	Плоская задача теории упругости			+	
3.2	Свободное кручение призматических стержней				+
Вес КМ, %:			30	35	35

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Теория упругости

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

КМ-1 Формулировка краевых задач теории упругости. Решение плоских задач в полиномах

КМ-2 Решение плоских задач теории упругости методом интегральных преобразований

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
		Неделя КМ:	8	12
1	Формулировка краевых задач теории упругости. Решение плоских задач в полиномах		+	
2	Решение плоских задач теории упругости методом интегральных преобразований			+
Вес КМ, %:			50	50