

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

---

Направление подготовки/специальность: 15.04.03 Прикладная механика

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

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ И ПОЛЗУЧЕСТИ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	Вариативная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.В.03
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	1 семестр - 6;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	216 часов
<b>Лекции</b>	1 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	1 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	1 семестр - 18 часов;
<b>Самостоятельная работа</b>	1 семестр - 145,2 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	1 семестр - 4 часа;
<b>Иная контактная работа</b>	1 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b>	
<b>Тестирование</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Защита курсового проекта</b>	1 семестр - 0,3 часа;
<b>Экзамен</b>	1 семестр - 0,5 часа;
	<b>всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2020**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мурзаханов Г.Х.
	Идентификатор	R95682147-MurzakhanovGK-bd6def

(подпись)

Г.Х. Мурзаханов

(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 теории пластичности и ползучести применительно к задачам статики и динамики, необходимых в профессиональной деятельности по выбранному профилю. По завершению освоения данной дисциплины студент способен и готов:

- правильно воспринимать, анализировать и обобщать исходную информацию, ставить цель и находить пути её достижения;
- осознавать социальную значимость своей профессии;
- анализировать и критически оценивать риски в своей предметной области, связанные с проблемами экологии и безопасности.

### Задачи дисциплины

- Познакомить обучающихся с основными положениями теории пластичности и ползучести.;
- Научить обоснованно применять расчетные модели и методы теории пластичности и ползучести к прикладным задачам при расчетах на прочность.;
- Познакомить обучающихся с методами численного решения задач пластичности и ползучести, реализованными 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
ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности		знать: - Современные тенденции развития теории пластичности и ползучести, основные методы расчетов на прочность и устойчивость с учетом пластичности и ползучести, и сопутствующие математические методы; - Основные положения и методы теории пластичности и ползучести и возможность применения этих знаний в профессиональной деятельности с привлечением необходимого физико-математического аппарата.  уметь: - Самостоятельно разрабатывать математические и компьютерные модели конструкций с учетом физической нелинейности; - Критически анализировать современные проблемы учета нелинейного поведения конструкций при расчетах на прочность и устойчивость с учетом мировых тенденций развития техники и технологий, самостоятельно ставить цель исследования и определять пути её

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		достижения; - Использовать современные математические программные средства, в том числе компьютерной математики, для решения прикладных задач пластичности и ползучести.

## 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 15.04.03 Прикладная механика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Дисциплина базируется на дисциплинах бакалавриата по направлению 15.03.03 Прикладная механика
- уметь Дисциплина базируется на дисциплинах бакалавриата по направлению 15.03.03 Прикладная механика

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	Постановка задач об упругопластическом деформировании	8	1	4	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Постановка задач об упругопластическом деформировании" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Постановка задач об упругопластическом деформировании" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 12-63</p>	
1.1	Постановка задач об упругопластическом деформировании	8		4	-	2	-	-	-	-	-	2	-		
2	Предельное состояние стержней, пластин и оболочек	32		7	-	4	-	-	-	-	-	21	-		<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Предельное состояние стержней, пластин и оболочек" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Предельное состояние стержней, пластин и оболочек" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 254-281</p>
2.1	Предельное состояние стержней, пластин и оболочек	32		7	-	4	-	-	-	-	-	21	-		
3	Циклическая пластичность	37		7	-	2	-	-	-	-	-	28	-		<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Циклическая пластичность" <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b></p>
3.1	Циклическая пластичность	37	7	-	2	-	-	-	-	-	28	-			

												Изучение материала по разделу "Циклическая пластичность" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 305-312	
4	Основы теории ползучести	39.7	7	-	4	-	-	-	-	-	28.7	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основы теории ползучести"
4.1	Основы теории ползучести	39.7	7	-	4	-	-	-	-	-	28.7	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы теории ползучести" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 5-67
5	Решение задач теории ползучести для стержней, пластин и оболочек	39	7	-	4	-	-	-	-	-	28	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Решение задач теории ползучести для стержней, пластин и оболочек"
5.1	Решение задач теории ползучести для стержней, пластин и оболочек	39	7	-	4	-	-	-	-	-	28	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Решение задач теории ползучести для стержней, пластин и оболочек" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 112-154
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовой проект (КП)	24.3	-	-	-	16	-	4	-	0.3	4	-	
	Всего за семестр	216.0	32	-	16	16	2	4	-	0.8	111.7	33.5	
	Итого за семестр	216.0	32	-	16	18		4		0.8	145.2		

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

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Постановка задач об упругопластическом деформировании

##### 1.1. Постановка задач об упругопластическом деформировании

Физические основы теории пластичности простом нагружении. Деформационная теория Генки-Надаи. Работа дополнительных сил. Постулат Друкера. Соотношения Леви-Мизеса. Теория упруго-пластического тела с упрочнением. Простое и сложное нагружение. Теорема А.А. Ильюшина о. Теория предельного равновесия упруго-пластической среды.

#### 2. Предельное состояние стержней, пластин и оболочек

##### 2.1. Предельное состояние стержней, пластин и оболочек

Упруго-пластический изгиб балок. Предельное состояние балок. Предельное состояние цилиндрических оболочек при осесимметричном изгибе. Упруго-пластическое состояние толстостенного полого цилиндра. Плоская деформация идеального жёстко-пластического тела. Общие положения.

#### 3. Циклическая пластичность

##### 3.1. Циклическая пластичность

Теория приспособляемости. Расчет на прочность при малоциклового усталости. Пример расчета на прочность при малоциклового усталости.

#### 4. Основы теории ползучести

##### 4.1. Основы теории ползучести

Физические основы теории ползучести. Результаты экспериментального изучения ползучести. Гипотезы старения, упрочнения и пластической наследственности. Принцип суперпозиции Больцмана-Вольтерра.

#### 5. Решение задач теории ползучести для стержней, пластин и оболочек

##### 5.1. Решение задач теории ползучести для стержней, пластин и оболочек

Общая постановка задач теории установившейся ползучести. Ползучесть стержней и стержневых систем. Поперечный изгиб бруса при установившейся ползучести. Ползучесть при сложном напряжённом состоянии.

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

1. Плоская деформация идеально жёстко-пластического тела;
2. Предельное состояние круговых пластин;
3. Предельное состояние оболочек;
4. Предельное состояние стержней при кручении;
5. Толстостенная труба под действием внутреннего давления;
6. Тонкостенные цилиндрические трубы. Основные соотношения;
7. Начальная стадия ползучести стержневой конструкции;
8. Поведение простейших элементов конструкций;
9. Ползучесть стержневой системы при циклическом нагружении;
10. Релаксация напряжений при изгибе балки;
11. Установившаяся ползучесть мембранной оболочки;
12. Установившаяся ползучесть скручиваемого стержня.

### 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 "Постановка задач об упругопластическом деформировании"
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 "Предельное состояние стержней, пластин и оболочек"
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 "Циклическая пластичность"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Основы теории ползучести"
5. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Решение задач теории ползучести для стержней, пластин и оболочек"

#### Индивидуальные консультации по курсовому проекту/работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Постановка задач об упругопластическом деформировании"
2. Консультации проводятся по разделу "Предельное состояние стержней, пластин и оболочек"
3. Консультации проводятся по разделу "Циклическая пластичность"
4. Консультации проводятся по разделу "Основы теории ползучести"
5. Консультации проводятся по разделу "Решение задач теории ползучести для стержней, пластин и оболочек"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 1 Семестр

Курсовой проект (КП)

#### **График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 10	11 - 13	14	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	1, 2	2, 3	2, 3	4, 5	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	20	20	20	20	20	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	20	40	60	80	100	-



Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Постановка задачи и выбор расчётной схемы
2	Численно-аналитическое решение задачи
3	Анализ полученных результатов
4	Оценка достоверности полученных результатов
5	Оформление курсового проекта, заключение, выводы, рекомендации по практическому внедрению результатов

### 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	
<b>Знать:</b>							
Основные положения и методы теории пластичности и ползучести и возможность применения этих знаний в профессиональной деятельности с привлечением необходимого физико-математического аппарата	ПК-2(Компетенция)	+					Тестирование/КМ-1 Тестирование: Ильюшинское пространство и деформационная теория
Современные тенденции развития теории пластичности и ползучести, основные методы расчетов на прочность и устойчивость с учетом пластичности и ползучести, и сопутствующие математические методы	ПК-2(Компетенция)		+		+		Тестирование/Тест №1. Критерии текучести.
<b>Уметь:</b>							
Использовать современные математические программные средства, в том числе компьютерной математики, для решения прикладных задач пластичности и ползучести	ПК-2(Компетенция)	+		+			Контрольная работа/КМ-4 Контрольная работа №2. Теория течения
Критически анализировать современные проблемы учета нелинейного поведения конструкций при расчетах на прочность и устойчивость с учетом мировых тенденций развития техники и технологий, самостоятельно ставить цель исследования и определять пути её достижения	ПК-2(Компетенция)					+	Контрольная работа/КМ-2 Контрольная работа №1. Определения и гипотезы
Самостоятельно разрабатывать математические и компьютерные модели конструкций с учетом физической нелинейности	ПК-2(Компетенция)	+	+	+	+	+	Контрольная работа/КМ-5 Контрольная работа №3. Реологическая модель конструкции

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

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

#### **1 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 Тестирование: Ильюшинское пространство и деформационная теория (Тестирование)
2. КМ-2 Контрольная работа №1. Определения и гипотезы (Контрольная работа)
3. КМ-4Контрольная работа №2. Теория течения (Контрольная работа)
4. КМ-5Контрольная работа №3. Реологическая модель конструкции (Контрольная работа)
5. Тест №1. Критерии текучести. (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

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

#### Экзамен (Семестр №1)

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

#### Курсовой проект (КП) (Семестр №1)

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

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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

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

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

1. Малинин, Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести : учебник для машиностроительных специальностей вузов / Н. Н. Малинин . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1975 . – 400 с.;
2. Малинин, Н. Н. Сборник задач по прикладной теории пластичности и ползучести : учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов / Н. Н. Малинин, К. И. Романов, А. А. Ширшов . – М. : Высшая школа, 1984 . – 231 с.;
3. А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, Д. В. Тарлаковский- "Теория упругости и пластичности", Издательство: "Физматлит", Москва, 2002 - (417 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76683>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

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

5. Майнд Видеоконференции.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

### 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	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-113, Лаборатория "Кафедральная вычислительная лаборатория"	стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Б-412, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
	Б-413, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Б-110/1, Кабинет сотрудников каф. "РМДиПМ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютер персональный

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Теория пластичности и ползучести

(название дисциплины)

#### 1 семестр

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

- КМ-1 КМ-1 Тестирование: Ильюшинское пространство и деформационная теория (Тестирование)  
 КМ-2 КМ-2 Контрольная работа №1. Определения и гипотезы (Контрольная работа)  
 КМ-3 КМ-4Контрольная работа №2. Теория течения (Контрольная работа)  
 КМ-4 КМ-5Контрольная работа №3. Реологическая модель конструкции (Контрольная работа)  
 КМ-5 Тест №1. Критерии текучести. (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	10	13	15
1	Постановка задач об упругопластическом деформировании						
1.1	Постановка задач об упругопластическом деформировании		+		+	+	
2	Предельное состояние стержней, пластин и оболочек						
2.1	Предельное состояние стержней, пластин и оболочек					+	+
3	Циклическая пластичность						
3.1	Циклическая пластичность				+	+	
4	Основы теории ползучести						
4.1	Основы теории ползучести					+	+
5	Решение задач теории ползучести для стержней, пластин и оболочек						
5.1	Решение задач теории ползучести для стержней, пластин и оболочек			+		+	
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20

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

### Теория пластичности и ползучести

(название дисциплины)

#### 1 семестр

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

КМ-1 1  
КМ-2 2  
КМ-3 3  
КМ-4 4  
КМ-5 5

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	10	13	14
1	Постановка задачи и выбор расчётной схемы		+	+			
2	Численно-аналитическое решение задачи			+	+	+	
3	Анализ полученных результатов				+	+	
4	Оценка достоверности полученных результатов						+
5	Оформление курсового проекта, заключение, выводы, рекомендации по практическому внедрению результатов						+
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20