

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования

"Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_  
Козорез Д.А.  
27 июня 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (000181548)

Физика и механика деформируемых тел

(указывается наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Квалификация выпускника	Бакалавр
Профиль подготовки	Материаловедение и технологии металлических материалов
Форма обучения	очная (очно, очно-заочное, заочное)
Выпускающая кафедра	ТАОМ
Обеспечивающая кафедра	ТАОМ
Кафедра-разработчик рабочей программы	ТАОМ

Семестр	З.Е.	Трудоемкость, час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час	Экзамен-нов, час.	Форма промежуточног о контроля
4	4	144	34	16	20	38	36	Э
5	4	144	34	16	20	38	36	Э
Итого	8	288	68	32	40	76	72	

Москва  
2022

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## Разделы рабочей программы

1. Цели освоения дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения.
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
3. Структура и содержание дисциплины.
4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.
6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.
8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

## Приложения к рабочей программе дисциплины

Приложение 1. Аннотация рабочей программы

Приложение 2. Прикрепленные файлы

Программа составлена в соответствии с требованиями СУОС МАИ, разработанного на основе ФГОС ВО (3++) по направлению 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Авторы программы:

Овчинников А.В.

\_\_\_\_\_

Заведующий обеспечивающей кафедрой ТАОМ

\_\_\_\_\_

Программа одобрена:

Заведующий выпускающей кафедрой  
ТАОМ

Директор выпускающего филиала СТ

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ.

Целью освоения дисциплины Физика и механика деформируемых тел является достижение следующих результатов освоения(РО):

N	Шифр	Результат обучения
1	З-1(ПКР-6.1)	Знать основные зависимости эксплуатационных свойств деталей машин и приборов, инструментов от технологических факторов.
2	В-1(ПКР-6.1)	Владеть навыком по внесению предложений по изменению требований к эксплуатационным свойствам в целях более эффективной реализации возможностей материала
3	В-3(ПКР-6.4)	Владеть навыком прогнозирования влияния химического и фазового состава, а так же технологии на результирующие эксплуатационные свойства
4	З-1(ПКР-9.2)	Знать основные методы постановки и проведения экспериментов по созданию новых процессов получения и обработки материалов
5	У-1(ПКР-9.2)	Уметь ставить экспериментальные работы по обработке материалов и контролю процессов изготовления изделий
6	З-1(ПКР-9.3)	Знать методики проведения испытаний материалов и процессов их обработки
7	У-1(ПКР-9.3)	Уметь использовать методы определения качественных и количественных характеристик испытаний и исследований
8	В-1(ПКР-9.3)	Владеть техникой проведения экспериментов и статистической обработки данных

Перечисленные РО являются основой для формирования следующих компетенций:

N	Шифр	Компетенция
1	ПКР-6	Способен к разработке, сопровождению и интеграции типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов
2	ПКР-9	Способен участвовать в проведении исследований и разработок новых процессов получения и обработки материалов и изделий

Индикаторы достижения компетенций, служащие для проверки сформированности части соответствующей компетенции:

N	Шифр	Индикатор компетенций
1	ПКР-6.1	Разрабатывает типовые технологические процессов в области материаловедения и технологии материалов
2	ПКР-6.4	Использует в исследованиях и расчетах знания о методах анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, а так же о физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
3	ПКР-9.2	Принимает участие в экспериментальных работах по созданию новых процессов обработки и получения материалов и изделий из них

4	ПКР-9.3	Выполняет комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, процессов их производства, обработки и модификации
5	ПКР-6.1	Разрабатывает типовые технологические процессов в области материаловедения и технологии материалов
6	ПКР-6.4	Использует в исследованиях и расчетах знания о методах анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, а так же о физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
7	ПКР-9.2	Принимает участие в экспериментальных работах по созданию новых процессов обработки и получения материалов и изделий из них
8	ПКР-9.3	Выполняет комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, процессов их производства, обработки и модификации

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

Дисциплина Физика и механика деформируемых тел является предшествующей и последующей для следующих дисциплин:

N	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1		Технологическое оборудование в процессах обработки металлических материалов
2		Физическое материаловедение
3		Новые конструкционные и функциональные материалы (Материалы с особыми физико-химическими и физическими свойствами)
4		Научно-исследовательская работа
5		Итоговая гос. аттестация
6		Научные основы материаловедения
7		Материаловедение и технологии конструкционных материалов 2

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость практики составляет 8 зачетных(ые) едениц(ы), 288 часа(ов).

Модуль	Раздел	Лекции	Практич. занятия	Лаборат. работы	СРС	Всего часов	Всего с экзаменами и курсовыми
ФиМДТ_4 семестр	Введение в дисциплину	2	0	0	0	2	144
	Физическая природа деформирования монокристаллических тел	4	0	0	4	8	

	Дислокационный механизм пластической деформации	4	0	0	4	8	
	Пластическая деформация поликристаллических тел в нормальных условиях	4	0	0	2	6	
	Изменение свойств металлов при пластической деформации в нормальных условиях	6	8	8	10	32	
	Влияние внешних и внутренних факторов на сопротивление деформации и пластичность	6	8	8	10	32	
	Принцип подобия в пластической деформации	4	0	0	4	8	
	Контактное трение при пластическом деформировании	4	0	4	4	12	
ФиМДТ_5 семестр	Неравномерность деформаций и дополнительные напряжения	2	0	0	2	4	144
	Общие сведения о процессах упругого и пластического деформирования	2	0	0	2	4	
	Напряжённое состояние деформируемого тела	6	6	8	11	31	
	Основы теории деформаций	6	2	0	4	12	
	Условие пластичности	6	6	0	5	17	
	Механическая схема деформации	4	0	0	2	6	
	Методы определения деформирующих усилий	4	2	0	4	10	

	Анализ основных процессов пластической деформации	4	0	12	8	24	
<b>Всего</b>		<b>68</b>	<b>32</b>	<b>40</b>	<b>76</b>	<b>216</b>	<b>288</b>

### 3.1. Лекции

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем часов	Тема лекции
1	1.1.Введение в дисциплину	2	Введение в дисциплину
2	1.2.Физическая природа деформирования монокристаллических тел	4	Физическая природа деформирования монокристаллических тел
3	1.3.Дислокационный механизм пластической деформации	4	Дислокационный механизм пластической деформации
4	1.4.Пластическая деформация поликристаллических тел в нормальных условиях	4	Пластическая деформация поликристаллических тел в нормальных условиях
5	1.5.Изменение свойств металлов при пластической деформации в нормальных условиях	4	Влияние пластической деформации на механические и физические свойства металлов
6	1.5.Изменение свойств металлов при пластической деформации в нормальных условиях	2	Экспериментальное определение напряжения текучести и кривые упрочнения
7	1.6.Влияние внешних и внутренних факторов на сопротивление деформации и пластичность	6	Влияние внешних и внутренних факторов на сопротивление деформации и пластичность
8	1.7.Принцип подобия в пластической деформации	4	Принцип подобия
9	1.8.Контактное трение при пластическом деформировании	2	Механизм и виды трения
10	1.8.Контактное трение при пластическом деформировании	2	Смазки и экспериментальное определение коэффициента трения
11	2.1.Неравномерность деформаций и дополнительные напряжения	2	Неравномерность деформаций и дополнительные напряжения
12	2.2.Общие сведения о процессах упругого и пластического деформирования	2	Общие сведения о процессах упругого и пластического деформирования

13	2.3.Напряжённое состояние деформируемого тела	2	Характеристики напряжённого состояния деформируемого тела
14	2.3.Напряжённое состояние деформируемого тела	4	Тензор напряжений и условия равновесия
15	2.4.Основы теории деформаций	6	Основы теории деформаций
16	2.5.Условие пластичности	6	Условие пластичности
17	2.6.Механическая схема деформации	4	Механическая схема деформации
18	2.7.Методы определения деформирующих усилий	4	Методы определения деформирующих усилий
19	2.8.Анализ основных процессов пластической деформации	4	Анализ основных процессов пластической деформации
<b>Итого:</b>		<b>68</b>	

### 3.2. Содержание лекций

#### 1.1.1. Введение в дисциплину (АЗ: 2, СРС: 0)

Тип лекции: Информационная лекция

Форма организации: Лекция

#### 1.2.1. Физическая природа деформирования монокристаллических тел (АЗ: 4, СРС: 4)

Тип лекции: Информационная лекция

Форма организации: Лекция

#### 1.3.1. Дислокационный механизм пластической деформации (АЗ: 4, СРС: 4)

Тип лекции: Информационная лекция

Форма организации: Лекция

#### 1.4.1. Пластическая деформация поликристаллических тел в нормальных условиях (АЗ: 4, СРС: 2)

Тип лекции: Информационная лекция

Форма организации: Лекция

#### 1.5.1. Влияние пластической деформации на механические и физические свойства металлов (АЗ: 4, СРС: 2)

Тип лекции: Информационная лекция

Форма организации: Лекция

#### 1.5.2. Экспериментальное определение напряжения текучести и кривые упрочнения (АЗ: 2, СРС: 2)

Тип лекции: Информационная лекция

Форма организации: Лекция

- 1.6.1. Влияние внешних и внутренних факторов на сопротивление деформации и пластичность (АЗ: 6, СРС: 4)**  
Тип лекции: Информационная лекция  
Форма организации: Лекция
- 1.7.1. Принцип подобия (АЗ: 4, СРС: 4)**  
Тип лекции: Информационная лекция  
Форма организации: Лекция
- 1.8.1. Механизм и виды трения (АЗ: 2, СРС: 1)**  
Тип лекции: Информационная лекция  
Форма организации: Лекция
- 1.8.2. Смазки и экспериментальное определение коэффициента трения (АЗ: 2, СРС: 1)**  
Тип лекции: Информационная лекция  
Форма организации: Лекция
- 2.1.1. Неравномерность деформаций и дополнительные напряжения (АЗ: 2, СРС: 2)**  
Тип лекции: Информационная лекция  
Форма организации: Лекция
- 2.2.1. Общие сведения о процессах упругого и пластического деформирования (АЗ: 2, СРС: 2)**  
Тип лекции: Информационная лекция  
Форма организации: Лекция
- 2.3.1. Характеристики напряжённого состояния деформируемого тела (АЗ: 2, СРС: 1)**  
Тип лекции: Информационная лекция  
Форма организации: Лекция
- 2.3.2. Тензор напряжений и условия равновесия (АЗ: 4, СРС: 1)**  
Тип лекции: Информационная лекция  
Форма организации: Лекция
- 2.4.1. Основы теории деформаций (АЗ: 6, СРС: 2)**  
Тип лекции: Информационная лекция  
Форма организации: Лекция
- 2.5.1. Условие пластичности (АЗ: 6, СРС: 2)**  
Тип лекции: Информационная лекция  
Форма организации: Лекция
- 2.6.1. Механическая схема деформации (АЗ: 4, СРС: 2)**  
Тип лекции: Информационная лекция  
Форма организации: Лекция



**2.7.1. Методы определения деформирующих усилий (АЗ: 4, СРС: 2)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**2.8.1. Анализ основных процессов пластической деформации (АЗ: 4, СРС: 2)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**3.3. Практические занятия**

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем часов	Наименование практического занятия
1	1.5.Изменение свойств металлов при пластической деформации в нормальных условиях	8	Расчёт показателей степени деформации.
2	1.6.Влияние внешних и внутренних факторов на сопротивление деформации и пластичность	8	Расчёт показателей сопротивления деформации.
3	2.3.Напряжённое состояние деформируемого тела	6	Расчёт характеристик упругой и пластической деформации
4	2.4.Основы теории деформаций	2	Плоское деформированное состояние
5	2.5.Условие пластичности	4	Метод решения приближённого уравнения равновесия и приближённого условия пластичности
6	2.5.Условие пластичности	2	Реализация условия пластичности.
7	2.7.Методы определения деформирующих усилий	2	Расчёт усилия деформирования при осадке
<b>Итого:</b>		<b>32</b>	

**3.4. Содержание практических занятий**

**1.5.1. Расчёт показателей степени деформации. (АЗ: 8, СРС: 4)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**1.6.1. Расчёт показателей сопротивления деформации. (АЗ: 8, СРС: 4)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**2.3.1. Расчёт характеристик упругой и пластической деформации (АЗ: 6, СРС: 3)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**2.4.1. Плоское деформированное состояние (АЗ: 2, СРС: 2)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**2.5.1. Метод решения приближённого уравнения равновесия и приближённого условия пластичности (АЗ: 4, СРС: 2)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**2.5.2. Реализация условия пластичности. (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**2.7.1. Расчёт усилия деформирования при осадке (АЗ: 2, СРС: 2)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**3.5. Лабораторные работы**

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем часов	Наименование лабораторной работы	Наименование лаборатории
1	1.5.Изменение свойств металлов при пластической деформации в нормальных условиях	8	Исследование упрочнения сплава при холодной деформации	Сопротивление материалов
2	1.6.Влияние внешних и внутренних факторов на сопротивление деформации и пластичность	4	Исследование влияния температуры на сопротивление пластическому деформированию металлов и сплавов.	Сопротивление материалов
3	1.6.Влияние внешних и внутренних факторов на сопротивление деформации и пластичность	4	Исследование влияния скорости деформации на сопротивление пластическому деформированию металлов и сплавов.	Сопротивление материалов
4	1.8.Контактное трение при пластическом деформировании	4	Исследование внешнего трения в процессах обработки металлов давлением	Сопротивление материалов
5	2.3.Напряжённое состояние деформируемого тела	4	Собственные значения и главные направления симметричного тензора второго ранга.	Информационная поддержка жизненного цикла продукции
6	2.3.Напряжённое состояние деформируемого тела	4	Расчёт напряжённого состояния методом характеристик	Информационная поддержка жизненного цикла продукции
7	2.8.Анализ основных процессов пластической деформации	12	Исследование процесса осадки плоской заготовки	Сопротивление материалов
<b>Итого:</b>		<b>40</b>		

**3.6.Содержание лабораторных работ**

**1.5.3. Исследование упрочнения сплава при холодной деформации (АЗ: 8, СРС: 2)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

- 1.6.1. Исследование влияния температуры на сопротивление пластическому деформированию металлов и сплавов. (АЗ: 4, СРС: 1)**  
**Форма организации:** Лабораторная работа
- 1.6.2. Исследование влияния скорости деформации на сопротивление пластическому деформированию металлов и сплавов. (АЗ: 4, СРС: 1)**  
**Форма организации:** Лабораторная работа
- 1.8.1. Исследование внешнего трения в процессах обработки металлов давлением (АЗ: 4, СРС: 2)**  
**Форма организации:** Лабораторная работа
- 2.3.1. Собственные значения и главные направления симметричного тензора второго ранга. (АЗ: 4, СРС: 4)**  
**Форма организации:** Лабораторная работа
- 2.3.2. Расчёт напряжённого состояния методом характеристик (АЗ: 4, СРС: 2)**  
**Форма организации:** Лабораторная работа
- 2.8.1. Исследование процесса осадки плоской заготовки (АЗ: 12, СРС: 6)**  
**Форма организации:** Лабораторная работа

### **3.7. Курсовые работы и проекты по дисциплине**

### **3.8. Промежуточная аттестация**

1. Экзамен (4 семестр)  
**Прикрепленные файлы:** Экзамен (4 семестр).doc, Экзамен (4 семестр).pdf
2. Экзамен (5 семестр)  
**Прикрепленные файлы:** Экзамен (5 семестр).doc, Экзамен (5 семестр).pdf

## **4. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Основная и дополнительная литература по дисциплине
2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».
3. Ресурсы научно-технической библиотеки МАИ.
4. Информационные стенды кафедры.

## **5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Описание показателей, критерии оценивания компетенций и описание шкал оценивания осуществляются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки результатов обучения студентов по дисциплине (Приказ №42 от 04.04.2014 «Об утверждении положения «Рейтинг по дисциплине»).

Для оценивания интегрированных и практико-ориентированных заданий обучающихся используются следующие критерии по 100-балльной шкале:

1. Формулирование представленной информации в виде проблемы;
2. Предложение способа решения проблемы;
3. Обоснование способа решения проблемы;
4. Демонстрация способа решения проблемы.

Оценивание осуществляется по следующей шкале:

100-балльная шкала	Результат освоения
менее 40	Критерий не сформирован
41-70	Критерий четко не выражен
71-100	Критерий выражен четко

Для оценивания ситуационных заданий используется следующая шкала:

100-балльная шкала	Результат освоения
менее 30	обучающийся не может сформулировать проблему, представленную в задании
31-50	обучающийся формулирует поставленную задачу, у него сформированы изолированные знания и умения, однако отсутствуют интегрированные понятия и навыки, в результате чего допущены ошибки в решении и задание не выполнено
51-80	задание выполнено, обучающийся применяет знания для решения поставленной проблемы, однако не сформированы компетенции, вследствие чего обучающийся испытывает затруднения в демонстрации способов решения задачи
81-100	задание выполнено как в теоретическом, так и в практическом плане, обучающийся легко демонстрирует свою компетентность по данному вопросу

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения, включают в себя:

- вопросы к промежуточной аттестации.

Перечень компетенций и этапы их формирования приведены в следующей таблице:

<b>N</b>	<b>Шифр</b>	<b>Компетенция</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>
1	ПКР-6	Способен к разработке, сопровождению и интеграции типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	Знать основные зависимости эксплуатационных свойств деталей машин и приборов, инструментов от технологических факторов. Владеть навыком по внесению предложений по изменению требований к эксплуатационным свойствам в целях более эффективной реализации возможностей материала Владеть навыком прогнозирования влияния химического и фазового состава, а так же технологии на результирующие эксплуатационные свойства Семестры - 4, 5
2	ПКР-9	Способен участвовать в проведении исследований и разработок новых процессов получения и обработки материалов и изделий	Знать основные методы постановки и проведения экспериментов по созданию новых процессов получения и обработки материалов Уметь ставить экспериментальные работы по обработке материалов и контролю процессов изготовления изделий Знать методики проведения испытаний материалов и процессов их обработки Уметь использовать методы определения качественных и количественных характеристик испытаний и исследований Владеть техникой проведения экспериментов и статистической обработки данных Семестры - 4, 5

### **Вопросы к промежуточной аттестации**

"Физика и механика деформируемых тел"

#### **1. Экзамен (4 семестр)**

**Прикрепленные файлы:** Экзамен (4 семестр).doc, Экзамен (4 семестр).pdf

#### **2. Экзамен (5 семестр)**

**Прикрепленные файлы:** Экзамен (5 семестр).doc, Экзамен (5 семестр).pdf

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### ***а) Основная литература:***

- 1. Физико-химические основы технологических процессов и обработки конструкционных материалов: Учеб. пос. / Р.Г.Тазетдинов - 2 изд., доп. и испр. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 400 с.: 60x88 1/16. - (Высшее образование).  
(о) ISBN 978-5-16-008967-6, 300 экз.  
<http://www.znaniy.com/bookread.php?book=416469#none>

### ***б) Дополнительная литература:***

- 1. Носов В.К., Щипунов Г.И., Овчинников А.В. Обработка индикаторных диаграмм Усилие – Ход испытаний на растяжение и сжатие. Методические указания к лабораторной работе. М.: изд. НЦ «МАТИ», 1994, 12 с.
- 2. Щипунов Г.И., Овчинников А.В. Исследование упрочнения сплава при холодной деформации. Методические указания к лабораторной работе. М.: изд. НЦ «МАТИ», 1994, 20 с.
- 3. Овчинников А.В., Щипунов Г.И. Исследование влияния температуры на сопротивление пластическому деформированию металлов и сплавов. Методические указания к лабораторной работе. М.: изд. НЦ «МАТИ», 1996, 24 с.
- 4. Щипунов Г.И., Овчинников А.В. Исследование влияния скорости деформации на сопротивление пластическому деформированию металлов и сплавов. Методические указания к лабораторной работе. М.: изд. НЦ «МАТИ», 1995, 24 с.
- 5. Щипунов Г.И., Овчинников А.В. Исследование внешнего трения в процессах обработки металлов давлением. Методические указания к лабораторной работе. М.: изд. НЦ «МАТИ», 1993, 20 с.
- 6. Щипунов Г.И., Габидуллин Э.Р. Статистические методы обработки результатов наблюдений. Методические указания к лабораторным работам. М.: изд. НЦ «МАТИ», 1995, 24 с.
- 7. Щипунов Г.И., Габидуллин Э.Р. Базы данных реологических свойств металлов и сплавов. Методические указания к курсовой работе. М.: изд. НЦ «МАТИ», 1995, 20 с.
- 8. Щипунов Г.И. Собственные значения и главные направления симметричного тензора второго ранга. Методические указания к курсовой работе. М.: изд. НЦ «МАТИ», 2005, 16 с.
- 9. Щипунов Г.И. Деформированное состояние сплошной среды. Учебное пособие. М.: изд. НЦ «МАТИ», 2005, 16 с.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения образовательного процесса по дисциплине обучающимся предоставляется возможность круглосуточного дистанционного индивидуального доступа к электронным библиотечным системам из любой точки, в которой имеется доступ к сети «Интернет».

Наименование ресурса	Интернет-ссылка на ресурс
<b>"ZNANIUM.COM"</b>	
Договор № 4855 эбс/027-1-3200-20 от 08.12.2020 с ООО "ЗНАНИУМ" С «18»12.2020 г. по «17»12.2021 г	<a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a>
Договор № эбс/027-1-3026-21 от 22.12.2021 с ООО "ЗНАНИУМ" С «15»12.2021 г. по «31»12.2022 г	<a href="https://znanium.com/">https://znanium.com/</a>
Договор № эбс/027-1-2586-22 от 07.12.2022 с ООО "ЗНАНИУМ" С «20»12.2022 г. по «31»12.2023 г	
<b>ООО "Издательство Лань"</b>	
Договор № 027-1-0234-21 от 18.02.2021 года с ООО "Издательство Лань" С «22 »_02. 2021г. по « 21» 02.2022 г	<a href="http://e.lanbook.com">e.lanbook.com</a>
Договор № 027-1-0234-21 от 18.02.2021 года с ООО "ЭБС Лань" С «22 »_02. 2021г. по « 21» 02.2022	
Договор № СЭБ 027-0-0400-21 от 15.09.2021 года с ООО "ЭБС Лань" С «15 »_09. 2021г. по « 14» 09.2024	
Договор № 027-1-0169-22 от 07.02.2022 года с ООО "Издательство Лань" С «22 »_02. 2022г. по « 21» 02.2023 г	
Договор № 027-1-0168-22 от 07.02.2022 года с ООО "ЭБС Лань" С «22 »_02. 2022г. по « 21» 02.2023	
<b>ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ"</b>	
Электронная библиотечная система ЮРАЙТ. ЭБС "Легендарные книги"	<a href="http://biblio-online.ru">http://biblio-online.ru</a> , <a href="https://biblio-online.ru/catalog/legendary">https://biblio-online.ru/catalog/legendary</a>
Договор № 027-1-3191-20 от 04.12.2020г ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" для СПО С «04»12.2020 г. по «03»12.2021	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
Договор № 027-1-3194-20 от 04.12.2020г. с ООО "Электронное издательства ЮРАЙТ" С «04»12.2020 г. по «03»12.2021 г	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
Договор № 027-1-3034-21 от 03.12.2021г ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" С «04»12.2021 г. по «03»12.2022 г	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
Договор № 150-1-3269-21 от 10.12.21 ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" для СПО	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
Договор № 027-1-2554-22 от 01.12.2022г ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" С «04»12.2022 г. по «03»12.2023 г	
Договор № 5537 от 25.11.2022 ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" для СПО	
<b>Электронная библиотека МАИ</b>	
Электронная библиотека МАИ (собственность МАИ). Лицензионный договор № 0267-НИЧ-13 от 11.12.2013 г. с ООО "Дата Экспресс "на право использования программы для ЭВМ Автоматизированная интегрированная библиотечная система (АИБС) «МегаПро» (для размещения Электронной библиотеки МАИ)	<a href="https://elibrary.mai.ru/MegaPro/Web">https://elibrary.mai.ru/MegaPro/Web</a>

<b>Электронная библиотека Консорциума аэрокосмических вузов России</b>	
Электронная библиотека Консорциума аэрокосмических вузов России. Соглашение о создании Консорциума вузов России "Национальный объединенный аэрокосмический университет" от 03.09.2012 г. Договор о сетевом взаимодействии от 15.12.2014 г. Соглашение от «03»09.2012 г. бессрочно	
<b>Библиотека РФФИ</b>	
Библиотека РФФИ	<a href="http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library">http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library</a>
<b>Единое окно доступа к образовательным ресурсам</b>	
Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
<b>Polpred.com</b>	
Polpred.com. Обзор СМИ	<a href="http://polpred.com">http://polpred.com</a>
<b>ООО "РУНЭБ"</b>	
Договор № 027-1-3051-20 от 07.12.2020 с ООО "РУНЭБ" С «07»12.2020 г. по «06»12.2028	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
Договор № 027-1-2895-21 от 03.12.2021 с ООО "РУНЭБ" С «03»12.2021 г. по «02»12.2039	
Договор № 027-133215-22 от 20.12.2022 с ООО "НЭБ" С «20»12.2022 г. по «19»12.2030	
<b>ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукоонт"</b>	
Договор № РКТ-054/20/027-1-1129-20 от 30.05.2020 с ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукоонт" С «01»06.2020 г. по «31»05.2021 г	<a href="http://text.rucont.ru/">http://text.rucont.ru/</a>
Договор № 027-1-1235-21 от 01.06.2021 с ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукоонт" С «01»06.2021 г. по «31»05.2022 г	<a href="https://text.rucont.ru/">https://text.rucont.ru/</a>
Договор № 027-1-1467-22 от 09.06.2022 с ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукоонт" С «01»06.2022 г. по «31»05.2023 г	<a href="https://text.rucont.ru/">https://text.rucont.ru/</a>
<b>ФГБУ "РГБ"</b>	
Договор о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке (НЭБ) №101/НЭБ/2139 от 13.11.2018г. с ФГБУ "РГБ" С «13»11. 2018 г. по «12» 11. 2023	<a href="http://нэб.рф">http://нэб.рф</a>



ИП НЭИКОН	
Соглашение № 715 ДС-2011 от 16.05.2011 о сотрудничестве в Консорциуме НЭИКОН С «16» 05.2011 г с автоматическим продлением	<a href="http://archive.neicon.ru">http://archive.neicon.ru</a>
Национальная подписка на-2021 г с РФФИ Государственного задания № 075-00011-20-00 Web Of Science- <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a> Scopus- <a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a> Elsevier- <a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a> , <a href="http://www.elsevierscience.ru/products/science-direct">http://www.elsevierscience.ru/products/science-direct</a> , <a href="https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/journal-collections">https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/journal-collections</a> , <a href="https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/backfile-collections">https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/backfile-collections</a>  Springer Nature- <a href="http://rd.springer.com">http://rd.springer.com</a> , <a href="http://www.springerprotocols.com">http://www.springerprotocols.com</a> Математическая база данных zbMATH: <a href="http://zbMATH.org">http://zbMATH.org</a> American Chemical Society (ACS)- <a href="https://www.acs.org/content/acs/en.html">https://www.acs.org/content/acs/en.html</a> American Institute of Physics (AIP)- <a href="https://www.scitation.org/">https://www.scitation.org/</a> American Physical Society- <a href="https://journals.aps.org/about">https://journals.aps.org/about</a> EBSCO Publishing (База CASC)- <a href="http://search.ebscohost.com">http://search.ebscohost.com</a> Cambridge University Press (CUP)- <a href="https://www.cambridge.org/core">https://www.cambridge.org/core</a> IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers , Inc.)- <a href="https://ieeexplore.ieee.org">https://ieeexplore.ieee.org</a> INSPEC компании EBSCO- INSPEC Institute of Physics (IOP) издательства IOP Publishing- <a href="https://iopscience.iop.org/">https://iopscience.iop.org/</a> MathSciNet American Mathematical Society- <a href="https://www.ams.org/home/page">https://www.ams.org/home/page</a> Optical Society of America (OSA)- <a href="https://www.osapublishing.org/about.cfm">https://www.osapublishing.org/about.cfm</a> Oxford University Press- <a href="https://academic.oup.com/journals/">https://academic.oup.com/journals/</a> ProQuest Dissertations & Theses Global- <a href="https://search.proquest.com/index">https://search.proquest.com/index</a> ORBIT Intelligence - база данных QUESTEL- <a href="https://www.orbit.com/">https://www.orbit.com/</a> SAGE Publication- <a href="https://journals.sagepub.com/">https://journals.sagepub.com/</a> Annual Reviews Science Collection (AR)- <a href="https://www.annualreviews.org">https://www.annualreviews.org</a> JSTOR- <a href="http://www.jstor.org">www.jstor.org</a> Wiley. John Wiley & Sons.- <a href="https://onlinelibrary.wiley.com/">https://onlinelibrary.wiley.com/</a>	<a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a> <a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a> <a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a> , <a href="http://www.elsevierscience.ru/products/science-direct">http://www.elsevierscience.ru/products/science-direct</a> , <a href="https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/journal-collections">https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/journal-collections</a> , <a href="https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/backfile-collections">https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/backfile-collections</a>  <a href="http://rd.springer.com">http://rd.springer.com</a> , <a href="http://www.springerprotocols.com">http://www.springerprotocols.com</a> <a href="http://zbMATH.org">http://zbMATH.org</a>  <a href="https://www.acs.org/content/acs/en.html">https://www.acs.org/content/acs/en.html</a> <a href="https://www.scitation.org/">https://www.scitation.org/</a>  <a href="https://journals.aps.org/about">https://journals.aps.org/about</a> <a href="http://search.ebscohost.com">http://search.ebscohost.com</a>  <a href="https://www.cambridge.org/core">https://www.cambridge.org/core</a>  <a href="https://ieeexplore.ieee.org">https://ieeexplore.ieee.org</a>  <a href="https://iopscience.iop.org/">https://iopscience.iop.org/</a>  <a href="https://www.ams.org/home/page">https://www.ams.org/home/page</a>  <a href="https://www.osapublishing.org/about.cfm">https://www.osapublishing.org/about.cfm</a> <a href="https://academic.oup.com/journals/">https://academic.oup.com/journals/</a>  <a href="https://search.proquest.com/index">https://search.proquest.com/index</a>  <a href="https://www.orbit.com/">https://www.orbit.com/</a>  <a href="https://journals.sagepub.com/">https://journals.sagepub.com/</a> <a href="https://www.annualreviews.org">https://www.annualreviews.org</a>  <a href="http://www.jstor.org">www.jstor.org</a> <a href="https://onlinelibrary.wiley.com/">https://onlinelibrary.wiley.com</a>

<p><b>Национальная подписка на 2022 г с РФФИ Государственного задания</b></p> <p><b>Springer Nature:</b>  1. eBook Collection: журналы, книги - <a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a>  2. Коллекция журналов и базы данных Springer Nature: <a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a></p> <p><b>Begell House Inc.</b>  <a href="https://www.dl.begellhouse.com/collections/6764f0021c05bd10.html">https://www.dl.begellhouse.com/collections/6764f0021c05bd10.html</a></p> <p><b>China Academic Journals (CD Edition) Electronic Publishing House Co., Ltd:</b> <a href="https://ar.cnki.net/ACADREF">https://ar.cnki.net/ACADREF</a></p> <p><b>Institute of Electrical and Electronics Engineers:</b>  <a href="https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp">https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp</a>;  <a href="https://ieeexplore.ieee.org">https://ieeexplore.ieee.org</a></p> <p><b>EBSCO.</b> <a href="https://www.search.ebscohost.com/">https://www.search.ebscohost.com/</a>  <b>INSPEC:</b>  1. База данных Academic Search Premier  2. База данных eBook Academic Collection  3. eBook EngineeringCore Collection</p> <p><b>ORBIT Intelligence</b> - база данных QUESTEL:  <a href="https://www.orbit.com/">https://www.orbit.com/</a></p> <p><b>SAGE</b> <a href="https://journals.sagepub.com/">https://journals.sagepub.com/</a></p> <p><b>Publication:</b></p> <p><b>Wiley:</b> <a href="https://onlinelibrary.wiley.com/">https://onlinelibrary.wiley.com/</a></p>	<p><a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a></p> <p><a href="https://www.dl.begellhouse.com/collections/6764f0021c05bd10.html">https://www.dl.begellhouse.com/collections/6764f0021c05bd10.html</a></p> <p><a href="https://ar.cnki.net/ACADREF">https://ar.cnki.net/ACADREF</a></p> <p><a href="https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp">https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp</a>; <a href="https://ieeexplore.ieee.org">https://ieeexplore.ieee.org</a></p> <p><a href="https://www.search.ebscohost.com/">https://www.search.ebscohost.com/</a></p> <p><a href="https://www.orbit.com/">https://www.orbit.com/</a></p> <p><a href="https://journals.sagepub.com/">https://journals.sagepub.com/</a></p> <p><a href="https://onlinelibrary.wiley.com/">https://onlinelibrary.wiley.com/</a></p>
---	--

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Эффективным способом развития творческих способностей студентов при изучении дисциплины является самостоятельная работа, которая нацелена на проработку студентами материала прошедших контактных занятий и подготовку к предстоящим занятиям.

Самостоятельная работа студентов проводится ими в соответствии с собственными возможностями. Можно, однако, рекомендовать групповое изучение материалов, обеспечивающее совместную работу нескольких студентов, что положительно влияет на качество проработки программы курса.

В то же время высокая степень усвоения изучаемой дисциплины достигается при постоянной работе студентов над текущим материалом. В этой связи желательна проработка лекционного материала в день его прочтения, что позволяет, во-первых, оперативно (на следующей лекции) снимать возникающие вопросы и, во-вторых, создавать багаж знаний по дисциплине задолго до промежуточной аттестации.

При подготовке к практическим занятиям также необходима проработка лекционного материала. Это позволит осознанно работать с предлагаемым материалом преподавателем на практическом занятии, а, следовательно, закладывать базу методик и приемов при решении практических задач.

При изучении материала необходимо делать акцент не на зазубривании материала, а на понимании его физической сути, что развивает мышление и позволяет понять методологию изучаемой дисциплины.

## **9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Дисциплина ориентирована на применение компьютерной техники, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", электронной библиотеки МАИ для поиска, сбора, хранения, обработки и представления информации.

*Программное обеспечение, Интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы:*

Microsoft Windows, Microsoft Office, Kaspersky Security

## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения лекций, лабораторных и практических работ по дисциплине «Физика и механика деформируемых тел» используются:

- ☐ Аудитория для чтения лекций, оборудованная видеопроектором и экраном.
- ☐ Специализированный компьютерный класс, оснащенный специализированным программным обеспечением QForm.
- ☐ Учебная лаборатория, оснащённая машиной для механических испытаний мощностью не менее 100 кН.

### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина "Физика и механика деформируемых тел" является частью "Блока 1 Дисциплины" дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 22.03.01 "Материаловедение и технологии материалов". Дисциплина реализуется на Ступино институте "Московский авиационного института (национального исследовательского университета)" кафедрой (кафедрами) ТАОМ.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций: ПКР-6, ПКР-9.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с: основами взаимосвязи между параметрами пластической деформации и свойствами деформируемых тел, теоретическим анализом схем напряженного и деформированного состояний в различных процессах пластической деформации, расчётом напряжений, деформаций, кинематических и силовых параметров процессов, понятиями неравномерности полей напряжений и деформаций.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: Лекция, Практическое занятие, Лабораторная работа.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: рубежный контроль в форме и промежуточная аттестация в форме Экзамен (4 семестр), Экзамен (5 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (68 часов), практические (32 часов), лабораторные (40 часов) занятия и (76 часов) самостоятельной работы студента.

**Приложение 2**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«Физика и механика деформируемых тел»**

**Прикрепленные файлы**

**Экзамен (5 семестр).pdf**

**Экзамен (4 семестр).pdf**

## Промежуточная аттестация №2

### Экзамен (5 семестр)

**Семестр: 5**

**Вид контроля: Э**

**Вопросы:**

1. Понятие напряжения.
2. Упругая деформация. Закон Гука. Модуль Юнга.
3. Упругая деформация. Относительное изменение объёма и коэффициент Пуассона.
4. Условие постоянства объёма при пластической деформации.
5. Истинная степень деформации.
6. Скорость деформации.
7. Описание напряжённого состояния в точке деформируемого тела.
8. Связь между компонентами полного напряжения на наклонной площадке и напряжениями на координатных площадках.
9. Главные нормальные напряжения.
10. Эллипсоид напряжений.
11. Главные касательные напряжения.
12. Тензор напряжений.
13. Инварианты тензора напряжений.
14. Шаровой тензор и девиатор напряжений.
15. Схемы главных напряжений.
16. Схема напряжений шарового тензора.
17. Схема напряжений девиатора.
18. Условия равновесия для объёмного напряжённого состояния
19. Компоненты перемещений и компоненты деформаций. Уравнения Коши.
20. Тензор деформаций и его инварианты.
21. Схема главных деформаций.
22. Однородная деформация
23. Неразрывность деформаций. Уравнения Сен-Венана.
24. Условие пластичности Губера и Мизеса.
25. Физический смысл условия пластичности.
26. Влияние среднего главного напряжения на условие пластичности
27. Коэффициент Лоде и условие пластичности
28. Геометрический смысл условия пластичности.
29. Механическая схема деформации
30. Анализ процесса осадки. Схема. Степень деформации. Средний диаметр.
31. Анализ процесса осадки. Механическая схема деформации
32. Анализ процесса осадки. Неравномерность деформации. Проявление и причины.
33. Анализ процесса осадки. Распределение напряжений по контактной поверхности. Общий случай.
34. Анализ процесса осадки. Распределение напряжений по контактной поверхности.  $a/h=1-2$
35. Анализ процесса осадки. Полное и удельное усилие осадки. Общий случай.
36. Анализ процесса осадки. Полное и удельное усилие осадки.  $a/h=1-2$
37. Анализ процесса осадки. Доля сжимающих напряжений в процессе осадки.
38. Анализ процесса волочения. Общая схема. Механическая схема деформации.
39. Анализ процесса волочения. Степень деформации.
40. Анализ процесса волочения. Схемы волочения труб.
41. Анализ процесса волочения. Очаг деформации и главные напряжения.
42. Анализ процесса волочения. Удельное усилие волочения и факторы его определяющие.

## Промежуточная аттестация №1

### Экзамен (4 семестр)

**Семестр: 4**

**Вид контроля: Э**

**Вопросы:**

1. Предмет и задача ФимДТ. Понятие пластичности.
2. Основные процессы ОМД.
3. Пластическая деформация монокристаллов скольжением. Основные закономерности.
4. Взаимосвязь между нормальными и касательными напряжениями, действующими в плоскости скольжения.
5. Пластическая деформация двойникованием.
6. Дислокационный механизм пластической деформации. Линейные дислокации.
7. Дислокационный механизм пластической деформации. Винтовые дислокации.
8. Смешанные дислокации и их движение.
9. Возникновение и размножение дислокаций.
10. Взаимодействие дислокаций.
11. Аморфный (диффузионный) механизм пластической деформации.
12. Особенности внутрикристаллитной деформации поликристаллов.
13. Межкристаллитная деформация поликристаллов.
14. Упрочнение (наклёп) при холодной обработке металлов давлением.
15. Показатели степени деформации.
16. Показатели сопротивления деформации.
17. Экспериментальное определение напряжения текучести.
18. Кривые упрочнения. Свойства кривой упрочнения I рода.
19. Кривые упрочнения. Свойства кривой упрочнения II рода.
20. Кривые упрочнения. Свойства кривой упрочнения III рода.
21. Аппроксимация кривых упрочнения.
22. Изменение плотности и пластичности при холодной обработке металлов давлением.
23. Изменение электропроводности, коррозионной стойкости и модуля упругости холодной обработке металлов давлением.
24. Тепловой эффект деформации.
25. Влияние химического и фазового состава на сопротивление деформации и пластичность.
26. Влияние температуры на сопротивление деформации и пластичность.
27. Влияние скорости на сопротивление деформации и пластичность.
28. Влияние схемы напряжённого состояния на сопротивление деформации и пластичность.
29. Роль контактного трения в процессах ОМД.
30. Факторы, влияющие на величину сил контактного трения.
31. Виды трения в зависимости от состояния поверхностей и наличия смазки.
32. Определение касательного напряжения на контактной поверхности, вызываемого трением.

33. Принцип наименьшего сопротивления. Принцип кратчайшей нормали.
34. Принцип наименьшего сопротивления. Принцип наименьшего периметра.
35. Прямые и косвенные методы определения коэффициента трения.
36. Метод определения коэффициента трения принудительным торможением полосы при прокатке.
37. Метод определения коэффициента трения сдвигом образца при осадке.
38. Метод определения коэффициента трения осадкой на конических бойках.
39. Метод определения коэффициента трения осадкой клиновидного образца.
40. Метод определения коэффициента трения по условию захвата металла валками при прокатке.
41. Метод определения коэффициента трения осадкой кольцевого образца.
42. Смазка при ОМД. Свойства смазки.
43. Виды смазки в зависимости от назначения.
44. Неравномерность деформации и дополнительные напряжения.
45. Принцип подобия в ТОМД. Геометрическое подобие. Подобие по трению.
46. Принцип подобия в ТОМД. Физическое подобие.
47. Внешние и внутренние силы. Активные и реактивные силы.