

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Знаменский Е.А.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Направление/специальность подготовки	15.03.01 Машиностроение
Специализация/профиль/программа подготовки	Машины и технология обработки металлов давлением
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Заочная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	6	3	108	6	4	2	0	102	0	0	102	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**15.03.01 Машиностроение**

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА  
АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Филин Дмитрий Сергеевич, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ  
СИСТЕМ**

Заведующий кафедрой Нестеров Н.И., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Заведующий кафедрой Нестеров Н.И., к.т.н., доц.

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ**

## **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1.2 — Способен определять напряженно-деформированное состояние заготовки в процессе ее пластического деформирования

ПК-1.6 — Способен проводить эксперименты по исследованию технологических параметров операций обработки металлов давлением по стандартным и заданным методикам, обрабатывать и технически грамотно оформлять результаты научно-исследовательских работ в области машиностроения

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ПК-1.2**

*знания:*

основных стадии напряжённо-деформированного состояния образцов при испытании на растяжении и особенности этих стадий;

основных зависимости применяемые при расчёте параметров деформаций и напряжений;

особенностей строения реальных металлов;

механизмов и особенностей пластической деформации отдельных зёрен(кристаллитов);

механизмов, основных особенностей, зависимостей и закономерностей холодной деформации металлических тел;

процессов и общих характеристик пластической деформации при повышенных температурах;

основных понятий и законов пластического деформирования металлов;

*умения:*

проводить расчёт основных параметров испытываемых материалов и построения зависимости показателей сопротивления деформированию от деформации материала;

## **ПК-1.6**

*знания:*

основных типов стандартных испытаний для определения механических характеристик различных металлов и сплавов;

порядка и особенностей проведения испытаний механических свойств растяжением;

основных характеристик механических свойств, определяемых по результатам испытаний;

основных требований и порядка представления информации по результатам проведения стандартных или иных экспериментов;

*умения:*

анализировать получаемые при проведении испытаний данные для последующих расчётов и построения зависимостей;

*навыки:*

проведения стандартных испытаний механических свойств металлов, подготовки образцов к эксперименту, их измерения до и после испытаний;

подготовки научно-технических отчетов по результатам выполненных экспериментов и расчётов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.01 Машиностроение*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ФИЗИКА, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ, ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ, ТЕХНОЛОГИЯ ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ, ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ, ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ, ТЕХНОЛОГИЯ КОВКИ И ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности
- ОПК-12 — Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения
- ОПК-13 — Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПК-1.2	ПК-1.6
3	6	Раздел 1. Строение металлов. 1.1 Понятие кристаллической решетки, её типы и параметры 1.2 Индексация плоскостей и направлений кристаллической решётки 1.3 Явление полиморфизма 1.4 Моно- и поликристаллы 1.5 Дефекты кристаллической структуры 1.5.1 Точечные дефекты структуры 1.5.2 Дислокации.	18	1	1	0	17	15	10
3	6	Раздел 2. Деформация монокристалла. 2.1 Напряжение сдвига атомных плоскостей и понятие о деформации 2.2 Механизмы пластической деформации 2.3 Механизм перемещения дислокации 2.4 Плотность дислокаций 2.5 Размножение дислокаций.	18	1	1	0	17	15	10
3	6	Раздел 3. Холодная пластическая деформация поликристалла. 3.1 Система скольжения 3.2 Внутрикристаллитная и межкуристаллитная деформация 3.3 Нанокристаллические материалы 3.4 Полосчатость микроструктуры, текстура, остаточные напряжения 3.5 Изменение структуры, физических и механических свойств в результате холодной пластической деформации. Упрочнение при холодной деформации.	18	1	1	0	17	20	10
3	6	Раздел 4. Деформация при повышенных температурах. 4.1 Возврат и рекристаллизация 4.2 Диаграмма рекристаллизации 4.3 Виды деформации при обработке давлением 4.4 Изменение структуры, физических и механических свойств в результате горячей пластической деформации.	18	1	1	0	17	20	10
3	6	Раздел 5. Определение механических свойств материала по результатам испытаний. 5.1 Основные виды испытаний и их особенности 5.2 Стандартные испытания на растяжение 5.3 Понятие напряжения текучести, степени деформации, кривые упрочнения 5.4 Методы построения кривых упрочнения.	26	2	0	2	24	20	60
3	6	Раздел 6. Основные понятия и законы деформирования. 6.1 Закон наименьшего сопротивления 6.2 Условие постоянства объема. Смещённый объём и скорость деформации 6.3 Закон неравномерности деформации и дополнительных напряжений 6.4 Закон подобия и моделирования процессов обработки давлением.	10	0	0	0	10	10	0
Всего за 6 семестр			108	6	4	2	102	100	100
Всего по дисциплине			108	6	4	2	102	100	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 5. Определение механических свойств материала по результатам испытаний.	Подготовка к лабораторной работе (основные сведения по теории и практики испытаний растяжением, изучение требований ГОСТ, измерение образца). Проведение испытаний образца на растяжение, формирование диаграммы "сила - удлинение", измерение образца после испытаний. Обработка диаграммы и проведение расчётов. Оформление отчёта по лабораторной работе "определение функциональной зависимости «интенсивность напряжений – интенсивность деформации» металлов и сплавов по результатам испытания цилиндрических образцов растяжением". Подготовка к диагностической работе.	2
<b>Всего за 6 семестр</b>			2

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Строение металлов.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к диагностической работе.	17
2	Раздел 2. Деформация монокристалла.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к диагностической работе.	17
3	Раздел 3. Холодная	Изучение лекционного материала и рекомендованной	17

	пластическая деформация поликристалла.	литературы. Подготовка к диагностической работе.	
4	Раздел 4. Деформация при повышенных температурах.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к диагностической работе.	17
5	Раздел 5. Определение механических свойств материала по результатам испытаний.	Изучение учебного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к лабораторной работе, проведение испытаний и основных расчётов. Оформление отчёта по лабораторной работе. Подготовка к диагностической работе.	24
6	Раздел 6. Основные понятия и законы деформирования.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к диагностической работе.	10
<b>Всего за 6 семестр</b>			<b>102</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6				ЛР	ТекК	ДР			ТекК	ДР					ТекК, ЛР	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Власов, С. А. Стебунов, С. А. Евсюков. . Конечно-элементное моделирование технологических процессовковки и объемной штамповки. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019, эл. рес.
2. В. А. Голенков, С. П. Яковлев, С. А. Головин. . Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 2013, 8 экз.
3. Г. А. Смирнов-Аляев. . Сопротивление материалов пластическому деформированию. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978, 131 экз.
4. Д. П. Кузнецов, Н. И. Нестеров, К. М. Иванов. . Теория пластичности и теория обработки металлов давлением. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
5. К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности. СПб.: Политехника, 2009, эл. рес.
6. К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности. СПб.: Политехника, 2009, 70 экз.
7. М. В. Сторожев, Е. А. Попов. . Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 1977, 98 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
2. <https://moodle.voenmeh.ru/> — БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова // Moodle;
3. <https://e.lanbook.com/> (ЭБС ЛАНЬ);
4. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) (Электронная библиотека университета) — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
3. <http://www.rffi.ru/rffi.ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.



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

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Лабораторные занятия:**

1. Испытательная машина Shimadzu AGX-100 с номинальной силой 100 кН;
2. Испытательная машина ИМЧ-30 с номинальной силой 300 кН;
3. Испытательная машина ИМ-4А с номинальной силой 40 кН;
4. Проектор.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.01 Машиностроение*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-1.2 Способен определять напряженно-деформированное состояние заготовки в процессе ее пластического деформирования;

ПК-1.6 Способен проводить эксперименты по исследованию технологических параметров операций обработки металлов давлением по стандартным и заданным методикам, обрабатывать и технически грамотно оформлять результаты научно-исследовательских работ в области машиностроения.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с фундаментальными основами теории обработки металлов давлением (реальное строение металлов и его особенности, анизотропия свойств, дислокации и иные виды дефектов структуры, механизмы пластической деформации, виды деформации), а также изменением структуры и свойств металлов и сплавов в процессе пластической деформации, ползучестью металлов и сплавов, включает методику и порядок проведения стандартных испытаний материалов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**4 ч.**), лабораторный практикум (**2 ч.**), самостоятельная работа студента (**102 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 6 ч. аудиторных занятий, и 102 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Строение металлов.</b>		
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к диагностической работе.	В. А. Голенков, С. П. Яковлев, С. А. Головин. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 2013 (1, 2) А. В. Власов, С. А. Стебунов, С. А. Евсюков. . Конечно-элементное моделирование технологических процессовковки и объемной штамповки: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (1) М. В. Сторожев, Е. А. Попов. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 1977 (1) К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности: СПб.: Политехника, 2009 (1) Д. П. Кузнецов, Н. И. Нестеров, К. М. Иванов. . Теория пластичности и теория обработки металлов давлением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1)	17
Итого по разделу 1		17
<b>Раздел 2. Деформация монокристалла.</b>		
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к диагностической работе.	К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности: СПб.: Политехника, 2009 (1) Д. П. Кузнецов, Н. И. Нестеров, К. М. Иванов. . Теория пластичности и теория обработки металлов давлением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1) В. А. Голенков, С. П. Яковлев, С. А. Головин. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 2013 (1, 2) М. В. Сторожев, Е. А. Попов. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 1977 (1,2)	17

Итого по разделу 2		17
<b>Раздел 3. Холодная пластическая деформация поликристалла.</b>		
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к диагностической работе.	М. В. Сторожев, Е. А. Попов. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 1977 (1,2) В. А. Голенков, С. П. Яковлев, С. А. Головин. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 2013 (1, 2) К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности: СПб.: Политехника, 2009 (1, 2) Д. П. Кузнецов, Н. И. Нестеров, К. М. Иванов. . Теория пластичности и теория обработки металлов давлением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1, 2)	17
Итого по разделу 3		17
<b>Раздел 4. Деформация при повышенных температурах.</b>		
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к диагностической работе.	М. В. Сторожев, Е. А. Попов. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 1977 (2) К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности: СПб.: Политехника, 2009 (1, 2) В. А. Голенков, С. П. Яковлев, С. А. Головин. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 2013 (1, 2) Д. П. Кузнецов, Н. И. Нестеров, К. М. Иванов. . Теория пластичности и теория обработки металлов давлением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1, 2)	17
Итого по разделу 4		17
<b>Раздел 5. Определение механических свойств материала по результатам испытаний.</b>		
Изучение учебного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к лабораторной работе, проведение испытаний и основных расчётов. Оформление отчёта по лабораторной работе. Подготовка к диагностической работе.	Д. П. Кузнецов, Н. И. Нестеров, К. М. Иванов. . Теория пластичности и теория обработки металлов давлением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1, 2) Г. А. Смирнов-Аляев. . Сопротивление материалов пластическому деформированию: Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978 (6)	24
Итого по разделу 5		24
<b>Раздел 6. Основные понятия и законы деформирования.</b>		
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к диагностической работе.	В. А. Голенков, С. П. Яковлев, С. А. Головин. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 2013 (1, 2)	10
Итого по разделу 6		10

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к экзамену;
- лабораторная работа;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы для текущего контроля

Список вопросов текущего контроля в форме диагностической работы разрабатывают (обновляют) в течении семестра в соответствии с материалами, которые изучают обучающиеся в установленные временные промежутки.

#### Вопросы к экзамену

Список вопросов для сдачи экзамена:

1. Понятие кристаллической решетки, её типы и параметры.
2. Параметры решетки. Плотность упаковки атомов в решетке.
3. Индексация плоскостей и направлений.
4. Явление полиморфизма, моно- и поликристаллы.
5. Дефекты кристаллической структуры. Точечные дефекты.
6. Дефекты кристаллической структуры. Дислокации.
7. Напряжения сдвига атомных плоскостей и понятие деформации.
8. Механизмы пластической деформации.
9. Напряжения сдвига атомных плоскостей.
10. Механизм перемещения дислокаций.
11. Плотность дислокаций.
12. Размножение дислокаций.
13. Системы скольжения. Упрочнение при холодной деформации.
14. Внутрикристаллитная и межкристаллитная деформация.
15. Полосчатость микроструктуры, текстура, остаточные напряжения.
16. Возврат и рекристаллизация. Диаграмма рекристаллизации.
17. Диаграмма рекристаллизации. Виды деформации при обработке давлением.
18. Изменение структуры, физических и механических свойств в результате горячей пластической деформации.
19. Построение кривых упрочнения по результатам испытания цилиндрических образцов на растяжение.
20. Закон наименьшего сопротивления.
21. Условие постоянства объёма.
22. Закон неравномерности деформации и дополнительных напряжений

#### Лабораторная работа

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном или рукописном виде. Защита отчета проходит в форме доклада обучающегося по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Оформление отчёта должно соответствовать основным положениям ГОСТ 7.32-2017. Отчёт следует считать выполненным и сданным, если он содержит все требуемые разделы, расчёты и графические материалы.

Перечень вопросов для защиты отчета по лабораторной работе:

1. Какие виды испытаний применяют для определения функциональной зависимости  $\sigma_i - \epsilon_i$  ?

Каковы достоинства и недостатки испытания растяжением?

2. Из каких этапов состоит деформация цилиндрического образца при испытании растяжением?

Каковы схемы напряженного и деформированного состояний в зоне пластической деформации на этих этапах?

3. Какой вид имеет диаграмма  $P-\Delta l$ ? Как она отражает переход от одного этапа деформации к другому?

4. Какой вид имеет диаграмма  $\sigma_i - \epsilon_i$ ? Какие свойства испытанного материала она отражает?

Что характеризуют ее опорные точки?

5. Каково применение зависимости  $\sigma_i - \epsilon_i$  в теории и в инженерной практике?

6. Какие характеристики механических свойств устанавливают по результатам испытания растяжением?

Какие характеристики предусмотрены ГОСТ 1497–84 и можно ли их использовать в математическом описании процесса пластической деформации?

7. Почему нельзя распространить способ определения значений  $\sigma_i$  и  $\epsilon_i$  в промежуточных точках участка АВ на участок ВD с помощью диаграммы  $P-\Delta l$ ?

8. Что называют предельной деформацией при растяжении?

9. Что учитывает коэффициент  $\eta$  в формуле для расчета  $\sigma_{pr}$ ?

10. Каков физический смысл интенсивности напряжений  $\sigma_i$  в функциональной зависимости  $\sigma_i - \epsilon_i$ ?

11. По каким формулам вычислены значения  $\sigma_i$  и  $\epsilon_i$  в опорных и в промежуточных точках диаграммы  $\sigma_i - \epsilon_i$ ? Как установлены эти формулы?

12. Какой вид аппроксимирующей функции зависимости  $\sigma_i - \epsilon_i$  использован в лабораторной работе?

Как определены значения параметров? Какие другие функции применяют в качестве аппроксимирующих?

13. Могут ли быть разными значения характеристик механических свойств материала одной марки?

14. Почему относительное удлинение, предусмотренное ГОСТ 1497–84 в качестве характеристики пластичности, не может быть использовано как мера пластической деформации?

### Экзамен

При сдаче экзамена в течении промежуточной аттестации обучающемуся выдают 3 вопроса из общего списка.

Выдача вопросов возможна после выполнения отчёта по лабораторной работе и проведения процедуры его защиты согласно списку вопросов.

При проведении итогового контроля в виде опроса обучающегося рекомендуются следующие критерии: Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, полностью освоившему материал дисциплины, способного исчерпывающе, грамотно и логически стройно его излагать. Обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с литературой, правильно обосновывает принятые решения. Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, знающему материал дисциплины, грамотно и по существу излагающему его. Обучающийся не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, который имеет знания только основного материала, но не усвоил деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении программного материала и испытывает затруднения при выполнении практических задач.

Оценка «не удовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части материала дисциплины, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями решает практические задачи.

При спорной ситуации обучающемуся могут быть заданы дополнительные вопросы.

Возможна сдача экзамена по результатам выполнения тестов текущей аттестации или общего итогового теста по материалам семестра.

Критерии оценки теста:

85% и более - зачтено-отлично;

75% и более - зачтено-хорошо;

60% и более - зачтено-удовлетворительно;

менее 60% - не зачтено.

Результаты тестов могут быть учтены только при условии выполнении лабораторной работы.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПК-1.2	ПК-1.6	
3	6	Раздел 1. Строение металлов.	18	1	1	0	17	15	10	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к экзамену
3	6	Раздел 2. Деформация монокристалла.	18	1	1	0	17	15	10	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к экзамену
3	6	Раздел 3. Холодная пластическая деформация поликристалла.	18	1	1	0	17	20	10	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к экзамену
3	6	Раздел 4. Деформация при повышенных температурах.	18	1	1	0	17	20	10	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к экзамену
3	6	Раздел 5. Определение механических свойств материала по результатам испытаний.	26	2	0	2	24	20	60	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	6	Раздел 6. Основные понятия и законы деформирования.	10	0	0	0	10	10	0	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к экзамену
Всего за 6 семестр			108	6	4	2	102	100	100	
Всего по дисциплине			108	6	4	2	102	100	100	

## Оценочные материалы по дисциплине ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

### ПК-1.2 - Способен определять напряженно-деформированное состояние заготовки в процессе ее пластического деформирования

- № 1 Прочитайте текст и установите последовательность  
Прочитайте текст и установите последовательность.

Постройте наиболее корректный порядок описания реализации механизма Франка-Рида при пластической деформации.

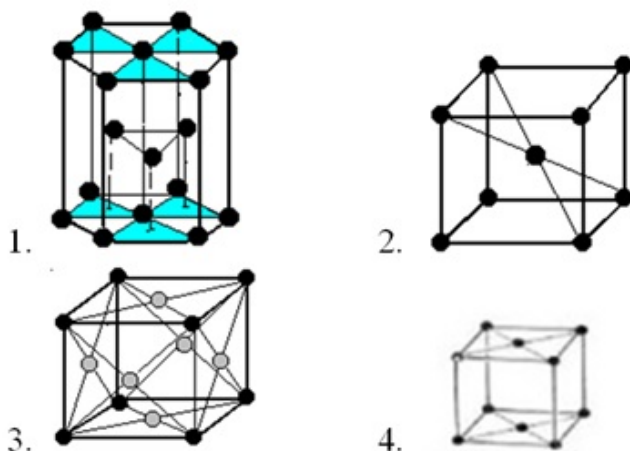
Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо без пробелов и точек.

1. По мере такого прогиба линия дислокации последовательно изменяет форму полукруга, а затем закручивается относительно точек закрепления и формирует сходящиеся выступы.
2. Линия дислокации восстанавливает свою исходную форму и дополнительно генерирует кольцевую дислокацию растущую во все стороны.
3. В определённый момент прогиба выступы сходятся в результате чего линия дислокации разрывается.
4. При увеличении напряжения исходная линия дислокации (или дислокационный сегмент), закрепленная в неких точках, будет выгибаться.

- № 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

Какая из кристаллических структур, описываемых элементарной ячейкой, имеет большие возможности к пластической деформации?

Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора.



- № 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор



ответа

Закончите фразу.

Возможность пластической деформации технических металлов при напряжениях значительно меньших, по сравнению с теоретическими, определяется наличием различного рода дефектов структуры основными из которых являются [\_\_].

Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора.

1. линейные дефекты.
2. точечные дефекты.
3. объёмные дефекты.
4. скопления точечных дефектов

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

По какой формуле определяют относительное удлинение при испытании цилиндрических образцов растяжением в соответствии с ГОСТ 1497-84?

Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора.

$$\begin{array}{ll} 1. \frac{l_0 + \Delta l}{l_0} ; & 2. \frac{F_0}{F_{ul}} ; \\ 3. \frac{F_0}{F_y} ; & 4. \frac{\Delta l_p}{l_0} \end{array}$$

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

Какие из механизмов упрочнения проявляет себя наиболее активно при пластической деформации?

Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора.

1. Твёрдорастворный

2. Дислокационный
3. Дисперсными выделениями
4. Зернограничное

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

Какие факторы оказывают влияние на процессы деформации поликристаллов?

Запишите номера выбранных ответов без пробелов и точек и обоснование выбора.

1. Температура деформации
2. Скорость деформации
3. Скорость рекристаллизации
4. Степень деформации
5. Скорость изменения нагрузки

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

По какой формуле определяют предел текучести по результатам испытания цилиндрических образцов растяжением в соответствии с ГОСТ 1497-84?

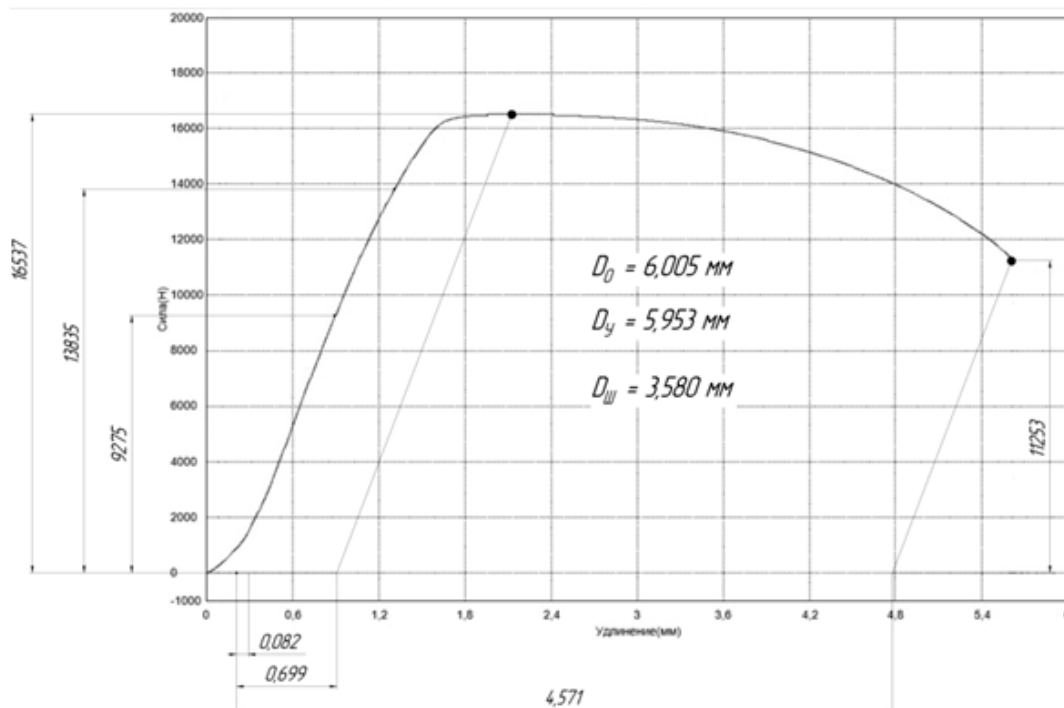
Запишите номера выбранных ответов без пробелов и точек и обоснование выбора

$$\begin{array}{lll}
 1. \frac{P_T}{F_0} ; & 2. \frac{P_{0,2}}{F_0} ; & 3. \frac{P_{\max}}{F_0} ; \\
 4. \frac{P_{\max}}{F_y} ; & 5. \frac{P_P}{F_0} ; & 
 \end{array}$$

№ 8 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ.

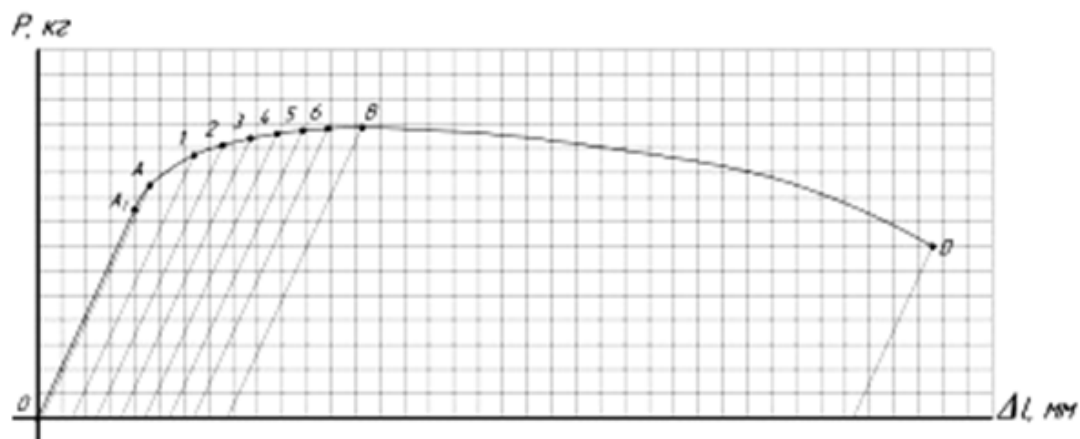
Определите предел прочности материала по результатам испытаний цилиндрического образца на растяжение.



№ 9 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ.

Почему при анализе диаграммы “Сила - удлинение” нельзя использовать параметр удлинения в промежуточных точках участка BD для определения параметра деформации и напряжений?



№ 10 Прочитайте текст и установите соответствие

Прочитайте текст и установите соответствие.

Соотнесите приведённые выражения со способами количественной оценки пластической деформации и укажите некорректные виды записей.

К каждой позиции в левом столбце, подберите позицию из правого столбца.

1.

А. Абсолютна

$$\frac{L_{n+1}}{L_n}$$

2.  $\ln\left(\frac{\Delta H}{H_n}\right)$

Б. Относительная

3.  $\ln\left(\frac{H_{n+1}}{H_n}\right)$

В. Логарифмическая

4.  $\frac{\Delta F}{F_{n-1}}$

Г. Запись  
некорректна

5.  $\ln(\Delta F)$

6.  $\Delta L$

7.  $\frac{\Delta F}{F_0}$

№ 11 Прочитайте текст и установите соответствие  
Прочитайте текст и установите соответствие.

Соотнесите формулы с параметрами механических свойств, которые определяют по результатам испытания цилиндрических образцов растяжением в соответствии с ГОСТ 1497-84.

К каждой позиции в левом столбце, подберите позицию из правого столбца.

1.  $\frac{P_T}{F_0}$

А. Предел  
прочности

2.

Б. Условный  
предел  
текучести

$$\frac{P_{\max}}{F_y}$$

3.

$$\frac{P_{0,2}}{F_0}$$

Предельные  
В. напряжения  
разрушения

4.

$$\frac{P_{\max}}{F_0}$$

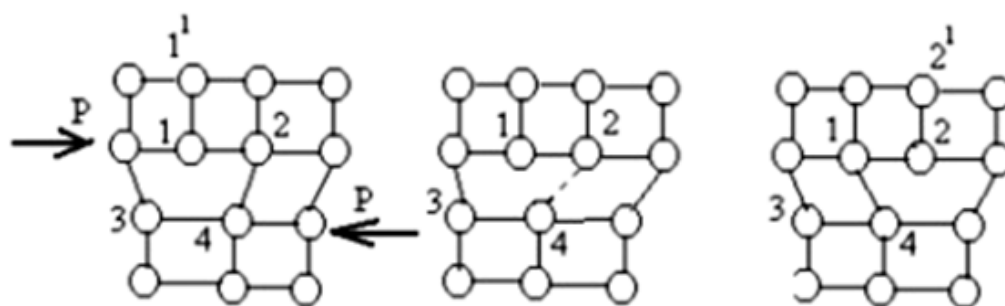
Предельные  
Г. устойчивые  
напряжения

5.

$$\eta \frac{P_p}{F_{\text{ш}}}$$

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность  
Прочитайте текст и установите последовательность.

Опишите по этапам порядок перемещения краевой дислокации.



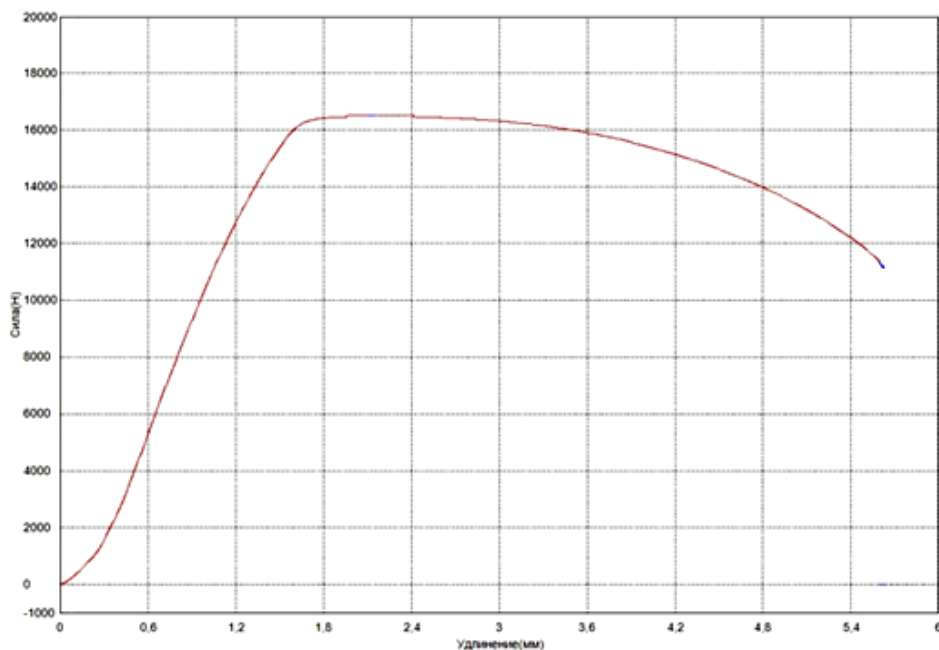
Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо без пробелов и точек.

1. Связь между атомами 1 и 4 восстанавливается, а между атомами 2 и 4 обрывается.
2. Дислокация перемещается на одно межатомное расстояние.
3. Под действием сдвигающих нагрузок в кристалле формируется экстраплоскость дислокации
4. Под действием сдвигающей силы P смещение плоскостей приводит к уменьшению расстояния 1-4 и увеличению расстояния 2-4

**ПК-1.6 - Способен проводить эксперименты по исследованию технологических параметров операций обработки металлов давлением по стандартным и заданным методикам, обрабатывать и технически грамотно оформлять результаты научно-исследовательских работ в области машиностроения**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ.

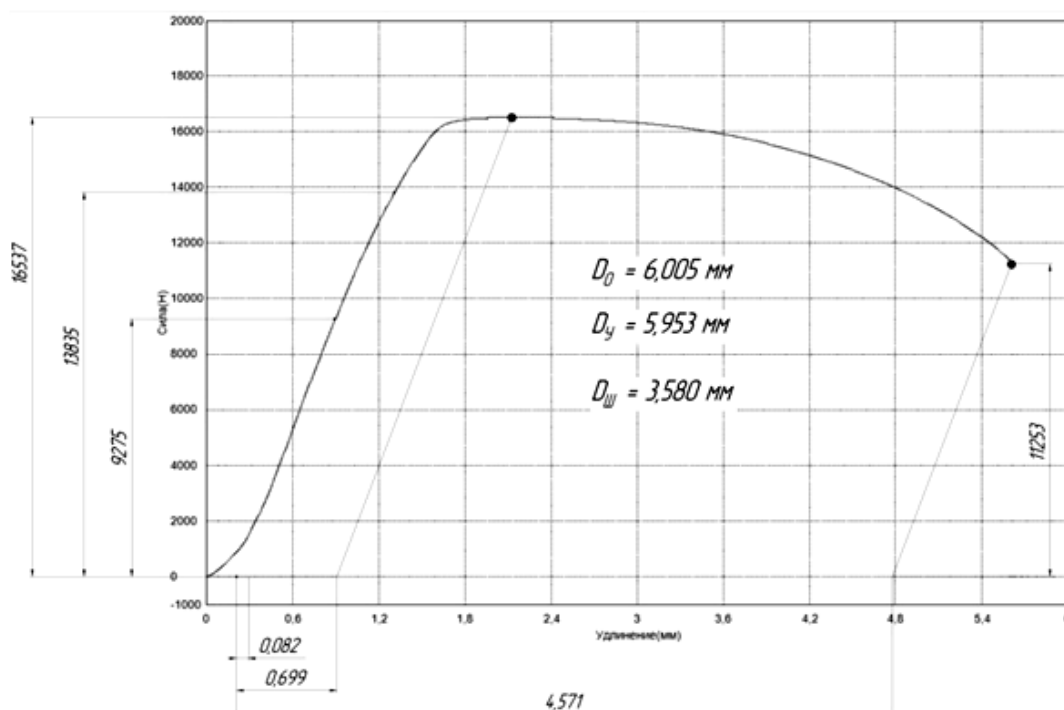
Опишите порядок определения предела текучести материала по графику “Р - ΔL” при испытании цилиндрических образцов растяжением в соответствии с ГОСТ 1497-84.



№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ.

Определите предел прочности материала по результатам испытаний цилиндрического образца на растяжение.



№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Прочитайте текст и установите соответствие.

В технологических процессах изготовления изделий с применением обработки давлением при нагреве заготовок или изделий могут проходить процессы возврата или рекристаллизации.

Укажите характерные условия протекания и результаты этих процессов.

К каждой позиции в левом столбце, подберите позицию из правого столбца.

- |    |   |  |
|----|---|--|
| 1. | Процесс возврата проходит при ...             | сохраняется<br>А. текстура деформации                        |
| 2. | Процесс рекристаллизации проходит при ...     | к снятию остаточных напряжений и разупрочнению металла<br>Б. |
| 3. | В результате прохождения возврата ...         | нагреве до температуры (0,25...0,30) Тпл<br>В.               |
| 4. | В результате прохождения рекристаллизации ... | нагреве выше температуры фазовых превращений<br>Г.           |
|    |   | нагреве до температуры более 0,40 Тпл<br>Д.                  |
|    |   | нагреве до температуры начала фазовых превращений<br>Е.      |
|    |   | формируется структура<br>Ж.                                  |
|    |   | крупных равноосных зёрен<br>З.                               |
|    |   | полное восстановление исходных механических свойств          |

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие  
Прочитайте текст и установите соответствие.

Соотнесите достоинства и недостатки горячей деформации.

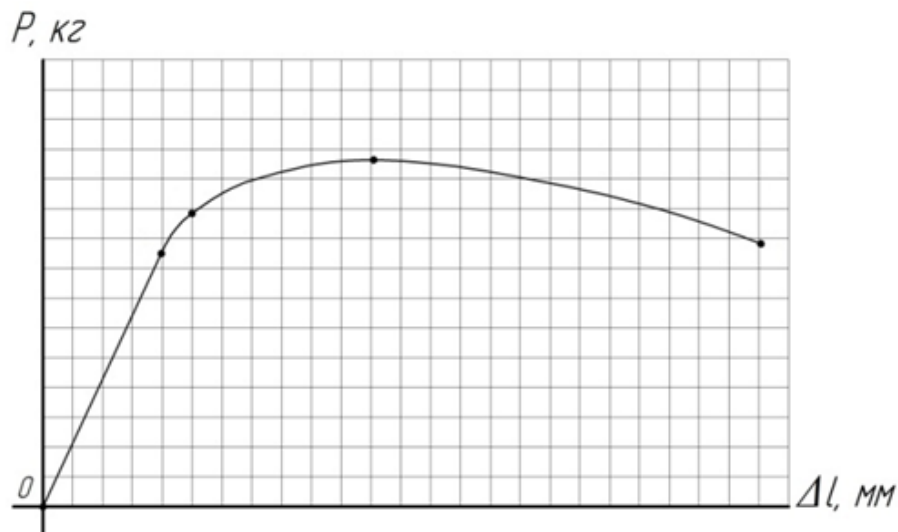
К каждой позиции в левом столбце, подберите позицию из правого столбца.

- |    |   |                |
|----|---|----------------|
| 1. | Меньшая опасность разрушения                          | А. Достоинство |
| 2. | Применение оборудования меньшей мощности              | Б. Недостаток  |
| 3. | Поддержание постоянной высокой температуры            |                |
| 4. | Качество поверхности                                  |                |
| 5. | Текстура и анизотропия свойств металла менее выражены |                |
| 6. | Точность размеров поковок                             |                |
| 7. | Неоднородность структуры и свойств поковок            |                |
| 8. | Устранение промежуточного отжига                      |                |
| 9. | Получение мелкозернистой структуры                    |                |

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность  
Прочитайте текст и установите последовательность.

В процессе испытаний растяжением записан график  $P - \Delta l$ . Для определения механических свойств на график наносят характерные точки, разделяющие процесс деформации на стадии.

Укажите последовательность обозначения характерных точек слева на право.



Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо без пробелов и точек.

1. А
2. В
3. D
4. А1

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность  
Прочитайте текст и установите последовательность.

При нагреве заготовки из стали от нормальной температуры до температуры плавления её структура претерпевает полиморфное превращение.

Укажите порядок полиморфного превращения для стали.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо без пробелов и точек.

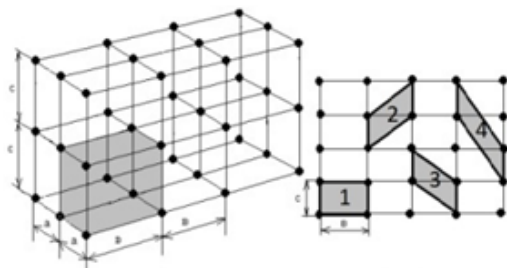
1. ОЦК
2. ОЦК
3. ГЦК

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа



Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

Какой тип элементарной ячейки следует считать наиболее рациональным для построения решётки и анализа структуры?



Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора.

1. №1

2. №2

3. №3

4. №4

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

Какое свойство металлов находит широкое применение в технологических процессах изготовления изделий машиностроения при термической обработке?

Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора.

1. Полиморфное превращение

2. Увеличение количества дислокаций при росте температуры

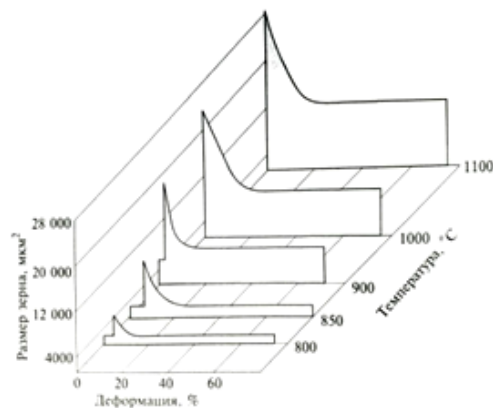
3. Рост количества вакансий с ростом температуры

4. Увеличение скорости самодиффузии атомов

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

Какой интервал степени деформации для условной углеродистой стали следует считать критическим при горячей деформации с температурой 1000 °С?



Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора.

1. 0...10%
2. 10...20%
3. 0...20%
4. более 80%

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

Какой фактор оказывает наибольшее влияние на соотношение между внутрикристаллитной и межкристаллитной деформацией?

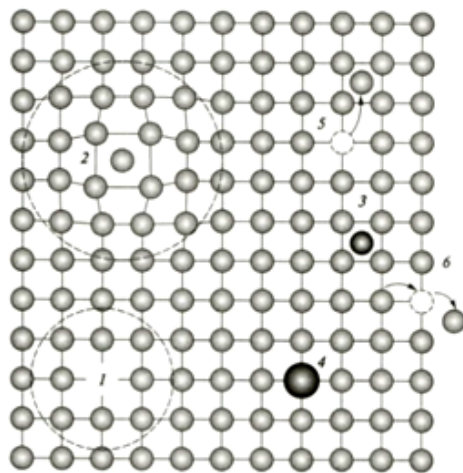
Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора.

1. Химический состав металла
2. Температура деформации
3. Физические свойства структуры металла
4. Механические свойства отдельных монокристаллов

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

Какие, из указанных дефектов структуры металлов, представлены на эскизе?



Запишите номера выбранных ответов без пробелов и точек и обоснование выбора.

1. Вакансия
2. Краевая дислокация
3. Парный дефект Френкеля (пора Френкеля)
4. Винтовая дислокация
5. Дислоцированный атом внедрения

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

Приведено описание различных плоскостей в металлах. Какие из этих плоскостей, как правило, являются совпадающими при изменении формы?

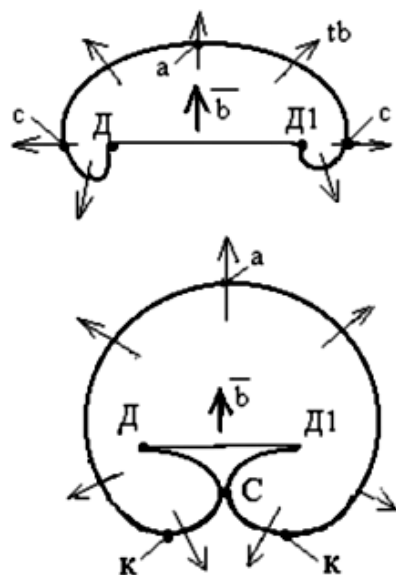
Запишите номера выбранных ответов без пробелов и точек и обоснование выбора.

1. На плоскостях скольжения
2. На плоскостях имеющих угол наклона к направлению внешней силы в  $45^\circ$
3. На плоскостях, по которым действует максимальное касательное напряжение
4. На плоскостях имеющих угол наклона к направлению внешней силы в  $90^\circ$
5. На плоскостях, по которым действует максимальное нормальное напряжение

№ 13 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

На эскизе показаны этапы формирования совмещенной кольцевой дислокации из краевой под сдвигающих напряжений  $b$ . В каких точках вид дислокации будет строго винтовым?



Запишите номера выбранных ответов без пробелов и точек и обоснование выбора.

1. В точке "а"
2. В точке "с"
3. В точке "К"
4. В точке "С"