

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Суслин А. В.  
(подпись)      ФИО  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 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	Очная
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	5	3	108	34	17	17	0	74	0	0	74	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: 2024

Программу составил:

Кафедра Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ \_\_\_\_\_

Филин Дмитрий Сергеевич, к.т.н., 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:

ПСК-1.05 — способность определять напряженно-деформированное состояние заготовки в процессе ее пластического деформирования
ПСК-1/24.2 — способность 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:

### **ПСК-1.05**

*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;

### **ПСК-1/24.2**

*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 общинженерные 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		ПСК-1.05	ПСК-1/24.2
3	5	<b>Раздел 1. Строение металлов.</b> 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.	16	4	4	0	12	15	10
3	5	<b>Раздел 2. Деформация монокристалла.</b> 2.1 Напряжение сдвига атомных плоскостей и понятие о деформации 2.2 Механизмы пластической деформации 2.3 Механизм перемещения дислокаций 2.4 Плотность дислокаций 2.5 Размножение дислокаций.	16	4	4	0	12	15	10
3	5	<b>Раздел 3. Холодная пластическая деформация поликристалла.</b> 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.	15	3	3	0	12	20	10
3	5	<b>Раздел 4. Деформация при повышенных температурах.</b> 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.	15	3	3	0	12	20	10
3	5	<b>Раздел 5. Определение механических свойств материала по результатам испытаний.</b> 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.	33	17	0	17	16	20	60
3	5	<b>Раздел 6. Основные понятия и законы деформирования.</b> 6.1 Закон наименьшего сопротивления 6.2 Условие постоянства объёма. Смещённый объём и скорость деформации 6.3 Закон неравномерности деформации и дополнительных напряжений 6.4 Закон подобия и моделирования процессов обработки давлением.	13	3	3	0	10	10	0
<b>Всего за 5 семестр</b>			108	34	17	17	74	100	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	34	17	17	74	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.	17
<b>Всего за 5 семестр</b>			17

#### 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.	12
2	Раздел 2. Деформация монокристалла.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к диагностической работе.	12
3	Раздел 3. Холодная пластическая деформация поликристалла.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к диагностической работе.	12
4	Раздел 4. Деформация при повышенных температурах.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к диагностической работе.	12
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.	16
6	Раздел 6. Основные понятия и законы деформирования.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к диагностической работе.	10
<b>Всего за 5 семестр</b>			74

#### 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
5					ТекК	ДР			ТекК	ДР					ТекК, ЛР	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

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

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- лабораторная работа;
- 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»;  
<http://www.rfbr.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:

ПСК-1.05 способность определять напряженно-деформированное состояние заготовки в процессе ее пластического деформирования;

ПСК-1/24.2 способность 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;
- вопросы для текущего контроля;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 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) 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) 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)	12
Итого по разделу 1		12
<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) М. В. Сторожев, Е. А. Попов. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 1977 (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) В. А. Голенков, С. П. Яковлев, С. А. Головин. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 2013 (1, 2)	12
Итого по разделу 2		12
<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)	12
Итого по разделу 3		12

<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) 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) К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности: СПб.: Политехника, 2009 (1, 2)	12
Итого по разделу 4		12
<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.	Г. А. Смирнов-Аляев. . Сопротивление материалов пластическому деформированию: Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978 (6) 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)	16
Итого по разделу 5		16
<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 ВД с помощью диаграммы  $P-\Delta l$ ?
8. Что называют предельной деформацией при растяжении?

9. Что учитывает коэффициент  $\eta$  в формуле для расчета  $\sigma_{ir}$ ?
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 билет, который содержит 3 вопроса из общего списка.

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.

Сдача экзамена возможна путём оценки текущей успеваемости обучающегося в соответствии с регламентом балльно-рейтинговой системы и технологической картой дисциплины, размещённой в СДО Moodle.

Регламент балльно-рейтинговой системы устанавливают приказом ректора.

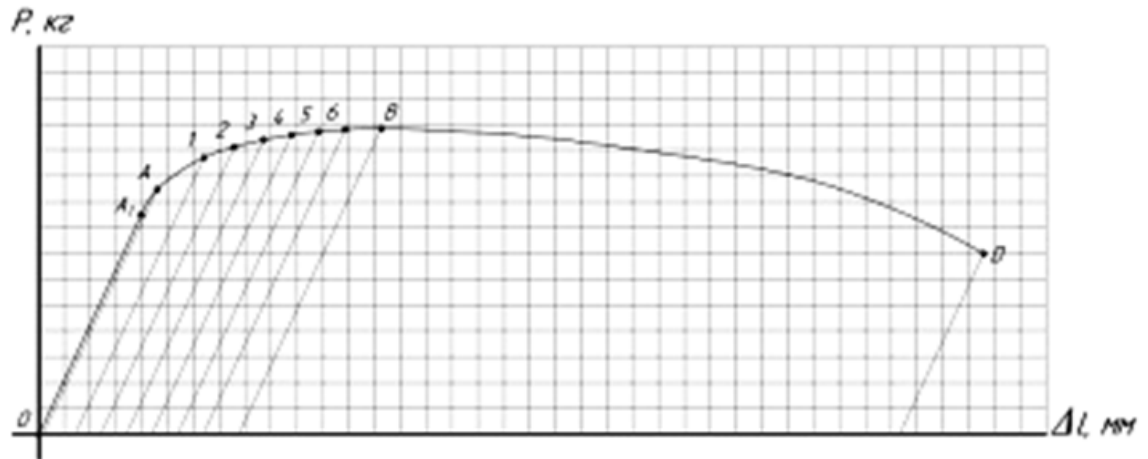
КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПСК-1.05	ПСК-1/24.2	
3	5	Раздел 1. Строение металлов.	16	4	4	0	12	15	10	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к экзамену
3	5	Раздел 2. Деформация монокристалла.	16	4	4	0	12	15	10	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к экзамену
3	5	Раздел 3. Холодная пластическая деформация поликристалла.	15	3	3	0	12	20	10	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к экзамену
3	5	Раздел 4. Деформация при повышенных температурах.	15	3	3	0	12	20	10	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к экзамену
3	5	Раздел 5. Определение механических свойств материала по результатам испытаний.	33	17	0	17	16	20	60	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	5	Раздел 6. Основные понятия и законы деформирования.	13	3	3	0	10	10	0	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к экзамену
Всего за 5 семестр			108	34	17	17	74	100	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-1.05

Вопросы открытого типа:

- № 1 Деформация твердого тела – это...?
- № 2 Упругая деформация твердого тела – это...?
- № 3 Пластическая деформация твердого тела – это...?
- № 4 Какой способ количественной оценки деформации имеет размерность?
- № 5 Под действием каких напряжений происходит пластическая деформация?
- № 6 Назовите основной механизм пластической деформации, который преобладает в монокристаллах в не зависимости от условий деформации.
- № 7 Какой фактор оказывает наиболее влияние на соотношение между внутрикристаллитной и межкристаллитной деформацией?
- № 8 Что понимают под наклёпом металла?
- № 9 На диаграмме, построенной по результатам испытаний растяжением выделяют несколько стадий.



Участок диаграммы АВ называют стадией ...

- № 10 Какие виды деформации принято выделять с учётом скоростей рекристаллизации и деформации?

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Укажите основные механизмы пластической деформации у монокристаллов.

1. Сдвиг
2. Двойникование
3. Деление
4. Блокообразование
5. Скольжение

- № 2 Какова максимальная величина касательных напряжений, возникающих в кристалле под действием внешней силы?

$$\begin{array}{ll}
 1. \quad \tau = 0,5 \times \sigma_n ; & 2. \quad \sigma = \frac{P}{F} ; \\
 3. \quad \tau = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} ; & 4. \quad \tau = \frac{\sigma}{m} ; \\
 5. \quad \sigma = \tau \times m
 \end{array}$$

- № 3 Чем отличаются понятия “наклёп” и “упрочнение”?

1. Одно является составляющей частью второго
2. Упрочнение является составляющей частью наклёпа



3. Наклёп учитывает изменение физико-химических свойств
  4. Понятия описывают два разных процесса
  5. Различий нет, понятия равнозначны
- № 4 На каких плоскостях начинается пластическая деформация?
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
- № 5 К каким особенностям пластической деформации приводит одновременное включение зерен в пластическую деформацию и возникновение при разгрузке остаточных напряжений 2-го рода?
1. Нелинейность зависимости деформации от напряжения при нагружении выше предела пропорциональности
  2. Упругое последствие
  3. Релаксация напряжений
  4. Упругий гистерезис
  5. Эффект Баушингера
- № 6 Какие факторы оказывают влияние на процессы деформации поликристаллов?
1. Температура деформации
  2. Скорость деформации
  3. Скорость рекристаллизации
  4. Скорость кристаллизации
  5. Степень деформации
  6. Скорость изменения нагрузки
- № 7 **От каких факторов зависит размер зёрен металла после горячей деформации?**
1. Температура нагрева и деформации
  2. Степень деформации
  3. Скорость деформирования
  4. Время выдержки при температуре рекристаллизации
  5. Скорость нагрева
- № 8 По какой формуле определяют физический предел текучести по результатам испытания цилиндрических образцов растяжением в соответствии с ГОСТ 1497-84?

- |                                |                             |                            |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 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. $\frac{P_P}{F_{\Psi}}$ ; | 6. $\frac{P_P}{F_0}$ ;     |
| 7. $\eta \frac{P_P}{F_{\Psi}}$ |                             |                            |

№ 9 По какой формуле определяют условный предел текучести по результатам испытания цилиндрических образцов растяжением в соответствии с ГОСТ 1497-84?

- |                                |                             |                            |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 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. $\frac{P_P}{F_{\Psi}}$ ; | 6. $\frac{P_P}{F_0}$ ;     |
| 7. $\eta \frac{P_P}{F_{\Psi}}$ |                             |                            |

№ 10 По какой формуле определяют предел прочности (временное сопротивление) по результатам испытания цилиндрических образцов растяжением в соответствии с ГОСТ 1497-84?

- |                                |                             |                            |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 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. $\frac{P_P}{F_{\Psi}}$ ; | 6. $\frac{P_P}{F_0}$ ;     |
| 7. $\eta \frac{P_P}{F_{\Psi}}$ |                             |                            |

#### ПСК-1/24.2

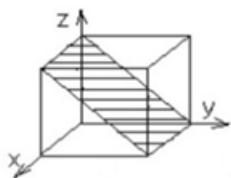
Вопросы открытого типа:

№ 1

**Что такое базис решётки?**

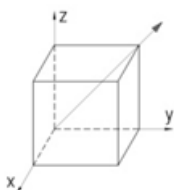
№ 2

Укажите правильную запись индекса кристаллографической плоскости, представленной на рисунке



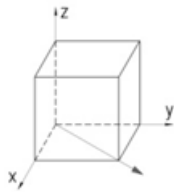
№ 3

Укажите правильную запись индекса кристаллографического направления, представленного на рисунке.

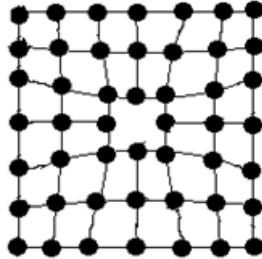


№ 4

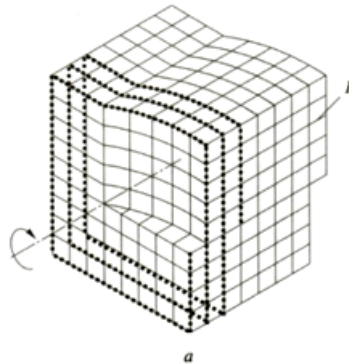
Укажите правильную запись индекса кристаллографического направления, представленного на рисунке.



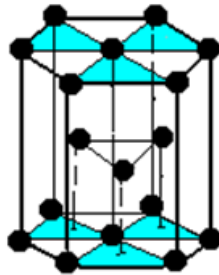
- № 5 Какой материал называют изотропным?  
 № 6 Какой тип дефекта приведён на рисунке?



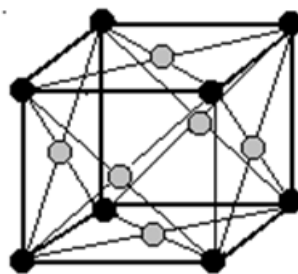
- № 7 Какой дефект показан на рисунке?



- № 8 Сколько плоскостей скольжения имеет приведённая ячейка кристаллической решётки?



- (ответ вписать число)  
 № 9 Сколько плоскостей скольжения имеет приведённая ячейка кристаллической решётки?



- (ответ вписать число)  
 № 10 Доработайте фразу.

Нормальное напряжение  $\sigma$ , соответствующее включению в  $[[1]]$  деформацию преобладающего большинства зёрен металла, является пределом  $[[2]]$ .

Вопросы закрытого типа:

№ 1

Что, из перечисленного, можно отнести к общим свойствам технических металлов?

1. Высокая пластичность
2. Высокие тепло- и электропроводимость
3. Кристаллическое строение в твёрдом состоянии
4. Высокая температура плавления
5. Термоэлектронная эмиссия
6. Полиморфизм

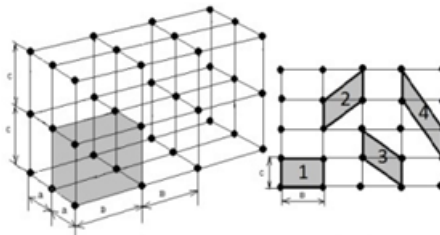
№ 2

Какое определение наиболее корректно описывает понятие “кристаллическая решётка”?

1. Это периодическая пространственная структура, образованная многократным повторением одинаковых структурных единиц
2. Это постоянный и стабильный порядок расположения атомов
3. Это пространственная картина расположения атомов
4. Это строгая и повторяющаяся закономерность расположения атомов
5. Это геометрически правильный и физически стабильный порядок выстраиваемый атомами
6. Это периодическая пространственная структура

№ 3

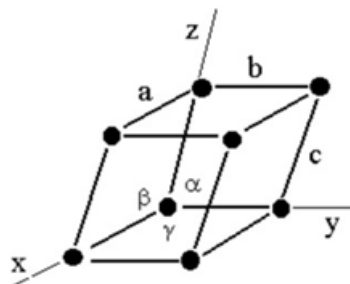
Какой тип элементарной ячейки следует считать наиболее рациональным для построения решётки и анализа структуры?



№ 1    № 2    № 3    № 4

№ 4

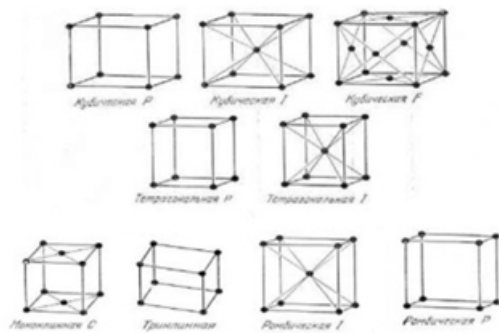
Какие понятия принято использовать для описания размеров  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  элементарной ячейки?



1. Периоды решётки
2. Линейные и угловые размеры элементарной ячейки
3. Параметры кристаллической решётки
4. Размеры граней элементарной ячейки
5. Углы наклона граней элементарной ячейки
6. Параметры ячейки

№ 5

Какие типы элементарных ячеек, из представленных на рисунке, считают простыми?



1. Кубическая P
2. Кубическая I
3. Кубическая F
4. Тетрагональная P
5. Тетрагональная I
6. Моноклинная C
7. Триклинная
8. Ромбическая I
9. Ромбическая P

№ 6

**С какой характеристикой кристаллической решётки связано координационное число K?**

1. Плотность упаковки атомов
2. Количеством атомов, из которых состоит ячейка
3. Период решётки
4. Размеры элементарной ячейки
5. Величиной минимального расстояния между атомами ячейки

№ 7

**Какие типы пор(пустот) выделяют в кристаллической решётке?**

1. Угловые
2. Тетрагональные
3. Центральные
4. Диффузионные
5. Температурные
6. Октаэдрические

№ 8

**Какое явление, происходящее с кристаллической решёткой, понимают под аллотропным превращением?**

1. Переход от одной устойчивой кристаллической структуры к другой при изменении температуры и давления
2. Повышение сложности элементарных ячеек кристаллической структуры
3. Изменение периодов кристаллической решётки при нагреве
4. Способность металла менять расположение атомов решётки под давлением
5. Повышение плотности упаковки при сохранении устойчивой кристаллической структуры при различных температурах и давлении

№ 9

**Технические металлы являются...**

1. Изотропными
2. Анизотропными
3. Монокристаллами
4. Поликристаллами
5. Квазиизотропными

№ 10

Какой дефект кристаллической структуры называют точечным?

1. Дефект, при котором нарушение решетки локализуется в отдельных точках и не превышает нескольких межатомных расстояний во всех трех измерениях
2. Дефект, при котором нарушение решетки не превышает нескольких межатомных расстояний во всех трех измерениях
3. Вакансию
4. Дислоцированные атомы
5. Примесные атомы