

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор -  
проректор по образовательной  
деятельности

Бородавкин В.А.

2021



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.ОЧ.32 Физические основы пластической деформации

Специальность	17.05.01 Боеприпасы и взрыватели
Уровень высшего образования	Специалитет
Специализация	Патроны и гильзы
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 итогового контроля	
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ					САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА						
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	СЕМИНАРЫ	АУДИТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ДРУГИЕ ВИДЫ ЗАНЯТИЙ	ВСЕГО	ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА		РАСЧЁТНО-ГРАФ. РАБОТА
3	5	3	108	34	17	17	-	-	-	74	-	10	-	64	Диф. ЗАЧЕТ

Начальник отдела основных образовательных программ  
А.А.Русина



## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

/оборотная сторона титульного листа/

Рабочая программа составлена в соответствии с:  
требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - специалитет по специальности 17.05.01 Боеприпасы и взрыватели, утвержденного приказом Минобрнауки России от 18 августа 2020 г. № 1055 (зарегистрирован Минюстом России 8 сентября 2020 г. № 59713);

Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденным приказом Минобрнауки России от 05.04.2017 № 301 (зарегистрирован Минюстом России 14.07.2017, регистрационный № 47415);

Положением об образовательных программах бакалавриата, специалитета и магистратуры в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, утвержденным приказом от 01.09.2017 № 319-О.

Программу составили: кафедра Е4 Высокоэнергетические устройства автоматических систем,

Нестеров Н.И., доцент, к.т.н., доцент

Эксперт: советник Президента Санкт-Петербургской  
торгово-промышленной палаты, к.т.н., доцент Ревин Н.Н.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры Е4 Высокоэнергетические устройства автоматических систем «31» 03 2021 г.

И.о. заведующего кафедрой Нестеров Н.И.

Согласовано:

Декан факультета Е «Оружие и системы вооружения»  
д.т.н. Шашурин А.Е.

Дисциплина обеспечена основной учебной литературой

Директор библиотеки БГТУ Сесина Н.В.

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ _____	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО _____	3
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ _____	4
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ _____	6
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ _____	6
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ _____	7
Приложения к рабочей программе дисциплины	
Приложение 1. Аннотация рабочей программы _____	8
Приложение 2. Технологии и формы преподавания _____	9
Приложение 3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы _____	10
Приложение 4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины _____	12
Приложение 5. Фонды оценочных средств _____	13
Приложение 6. Справка о наличии в библиотеке БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова учебной литературы _____	18
Приложение 7. Лист изменений, вносимых в рабочую программу _____	20

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

**общефессиональной** ОПК-2 – Способен самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач.

Формированию указанных компетенций служит достижение следующих результатов образования:

**знания:**

основных математических, физических, химических и др. положений, законов и т. п. сведений, необходимых для применения в области обработки металлов давлением при изготовлении машиностроительной продукции;

**умения:**

применять физико-математические методы для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении;

проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты;

**навыки:**

проведения расчетов параметров напряженно-деформированного состояния заготовки в процессе обработки металлов давлением;

обрабатывать и технически грамотно оформлять результаты научно-исследовательских работ в форме научно-технических отчетов, статей, пояснительных записок.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП

Дисциплина «Физические основы пластической деформации» является дисциплиной обязательной части Блока 1 Дисциплины (модули).

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: «Математика», «Физика», «Химия», «Сопротивление материалов», «Материаловедение» и служит основой для освоения дисциплин: «Теория пластичности», «Теория обработки металлов давлением», «Технология производства выстрелов», «Технология холодной объемной штамповки», «Технологияковки и объемной штамповки».

Предварительно сформированные компетенции: УК01, УК02, УК03, УК04, УК05, УК06, УК09, УК10, УК11, ОПК03, ПК91, ПК94.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (с распределением общего бюджета времени в часах)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	НОМЕРА РАЗДЕЛОВ	НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ДИДАКТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ	ВСЕГО	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ В КОНТАКТНОЙ ФОРМЕ			САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ	ФОРМИРУЕМАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ
					ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ		ОПК2
3	5	1	<b>Раздел 1. Строение металлов.</b> Понятие кристаллической решетки. Типы кристаллической решетки, явление полиморфизма. Параметры решетки. Плотность упаковки атомов в решетке. Индексация плоскостей и направлений. Понятие кристаллической структуры, моно и поликристаллы. Вакансии, дислоцированные и примесные атомы.	24	4	4	-	10	25%
		2	<b>Раздел 2. Деформация монокристалла.</b> Механизм скольжения. Напряжение сдвига атомных плоскостей. Понятие дислокации. Механизм перемещения дислокации. Двойникование и другие механизмы пластической деформации.	24	4	4		10	25%
		3	<b>Раздел 3. Холодная пластическая деформация поликристалла.</b> Система скольжения. Внутрикристаллитная и межкристаллитная деформация. Полосчатость микроструктуры, текстура, остаточные напряжения. Изменение структуры, физических и механических свойств в результате холодной пластической деформации. Упрочнение при холодной деформации. Понятие напряжения текучести, степени деформации, кривые упрочнения. Методы построения кривых упрочнения (по результатам испытания цилиндрических образцов на растяжение и на сжатие).	56	21	4	17	30	25%

	4	<b>Раздел 4. Деформация при повышенных температурах.</b> Возврат и рекристаллизация. Диаграмма рекристаллизации. Виды деформации при обработке давлением (холодная, неполная холодная, горячая, неполная горячая). Изменение структуры, физических и механических свойств в результате горячей пластической деформации.	29	4	4		16	20%
	5	<b>Раздел 5. Ползучесть металлов и сплавов. Релаксация напряжений.</b>	11	1	1	-	8	5%
<b>ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>			<b>108</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>74</b>	<b>100%</b>

### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	Наименование лаборатории	Объем, ауд. часов
1	Раздел 3. Холодная пластическая деформация поликристалла.	Определение функциональной зависимости «интенсивность напряжений – интенсивность деформации» металлов и сплавов по результатам испытания в холодную цилиндрических образцов растяжением	Лаборатория обработки металлов давлением (ауд. 111)	17
<b>Итого:</b>				<b>17</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

Номер и наименование раздела дисциплины	СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО ЗАДАНИЯ	СРС, час.
Раздел 1. Строение металлов.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы.	10
Раздел 2. Деформация монокристалла.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы.	10
Раздел 3. Холодная пластическая деформация поликристалла.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к лабораторной работе, оформление отчёта по лабораторной работе.	30
Раздел 4. Деформация при повышенных температурах.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы.	16
Раздел 5. Ползучесть металлов и сплавов. Релаксация напряжений.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы.	8
<b>ВСЕГО:</b>		<b>74</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

##### ГРАФИК КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5									П							ЛР	Диф. зачет

Условные обозначения:

- ЛР – сдача лабораторной работы;
- П – посещаемость.

**Рубежная аттестация** студентов производится по итогам половины семестра в форме оценки посещаемости занятий.

**Итоговый контроль** по результатам семестра по дисциплине проходит в форме дифференцированного зачета. Допуском к зачету служит успешная сдача студентом лабораторной работы.

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты образования по данной дисциплине, включены в состав УМК дисциплины и перечислены в Приложении 5.

#### 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 5.1. Основная литература:

1. **Прикладная теория пластичности** [Текст] : учебное пособие для вузов / К. М. Иванов [и др.] ; ред. К. М. Иванов. - СПб. : Политехника, 2009. - 376 с. : граф., схемы, табл. - (Учебное пособие для вузов). - Авторы указ. на 376 с. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-7325-0927-4 (70 экз.)

2. **Титов, Андрей Валерьевич.** Теория пластичности [Текст] : учебное пособие [для вузов] / А. В. Титов, А. О. Фанифатов, Е. В. Затеруха ; ред. Г. А. Данилин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2014. - 110 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 108. - ISBN 978-5-85546-843-4 (73 экз.).

3. **Кузнецов, Дмитрий Петрович.** Теория пластичности и теория обработки металлов давлением [Текст] : лабораторный практикум [для вузов] / Д. П. Кузнецов, Н. И. Нестеров, К. М. Иванов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2007. - 77 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 76. - Вопросы для самоконтроля: в конце лаб. раб. - Приложение: с. 71-75. (163 экз.).

4. **Теория обработки металлов давлением** [Текст] : учебник для вузов / В. А. Голенков [и др.] ; ред.: В. А. Голенков, С. П. Яковлев. - 3-е изд. - М. : Машиностроение, 2013. - 441 с. : граф., схемы, табл. - (Учебник для вузов). - Библиогр.: с. 438-441. - Принят. обознач.: с. 13. - Примеры решения задач: в конце глав. - Задания для самоконтроля: в конце глав. - ISBN 978-5-94275-469-3 (8 экз.).

##### 5.2. Дополнительная литература:

1. **Прикладная теория пластичности** [Текст] : учебник для вузов / К. М. Иванов [и др.] ; ред. К. М. Иванов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2007. - 348 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-85546-333-0 (61 экз.).

2. **Сторожев, Михаил Васильевич.** Теория обработки металлов давлением [Текст] : учебник для вузов / М. В. Сторожев, Е. А. Попов. - Изд. 4-е, перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1977. - 423 с. : граф., рис., табл. - Библиогр.: с. 413-417. - Именной указ.: с. 418-419. - Предметный указ.: с. 420-421. (**98 экз.**).

5.3. Интернет-ресурсы:

- <https://moodle.voenmeh.ru> – электронный образовательный ресурс по дисциплине «Физические основы пластической деформации», автор Н.И.Нестеров;
- <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> . Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
- <https://urait.ru>. Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов;
- <http://e.lanbook.com>. ЭБС Лань;

5.4. Программное обеспечение: программа расчета кривой «интенсивность напряжений – интенсивность деформации», разработанная на кафедре Е4 БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

5.5. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса:

- возможность консультирования обучающихся преподавателями в любое время и в любой точке пространства посредством сети Интернет.

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

Лекционные занятия:

Комплект плакатов:

1. Строение металлов. Анизотропия механических свойств монокристалла.
2. Механизмы пластической деформации твердого кристаллического тела.

Лабораторная работа:

1. Лаборатория обработки металлов давлением (ауд. 111), оснащенная испытательной машиной Shimadzu; испытательной машиной ИМ-4А; средствами измерения (радиусомеры, штангенциркули, микрометры, измерительные микроскопы); расходными материалами (образцы цилиндрические для испытания растяжением, миллиметровая рулонная бумага).

2. Компьютерные классы (ауд. 320, 377), оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.



### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина «Физические основы пластической деформации» является дисциплиной обязательной части Блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана подготовки по специальности 17.05.01 Боеприпасы и взрыватели, специализация «Патроны и гильзы». Дисциплина реализуется на «Е» факультете «Оружие и системы вооружений» БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова кафедрой «Е4» «Высокоэнергетические устройства автоматических систем».

Дисциплина нацелена на формирование общепрофессиональной компетенции ОПК2 – Способен самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с фундаментальными основами теории обработки металлов давлением (Физические основы пластической деформации металлов и сплавов. Строение металлов. Анизотропия свойств. Дислокации. Механизм пластической деформации. Виды деформации (холодная, неполная холодная, горячая, неполная горячая). Изменение структуры и свойств металлов и сплавов в процессе пластической деформации. Ползучесть металлов и сплавов. Релаксация напряжений.).

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторная работа, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: рубежный контроль в форме оценки посещаемости и итоговый контроль в форме дифференцированного зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины по очной форме составляет 3 зачетных единицы, 108 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (17 часов), лабораторные (17 часов) занятия и самостоятельная работа студента (74 часа).

## **ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ**

### **Рекомендации по организации и технологиям обучения для преподавателя**

#### **I. Образовательные технологии**

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Проблемное обучение – стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

Контекстное обучение – мотивация студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением.

Обучение на основе опыта – активизация познавательной деятельности студента за счет ассоциации и собственного опыта с предметом изучения.

Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте решаемой задачи.

#### **II. Виды и содержание учебных занятий**

##### Раздел 1. Строение металлов.

Теоретические занятия (лекции) – 4 часа.

Лекции № 1 и № 2. Форма проведения занятий: изложение информации.

##### Раздел 2. Деформация монокристалла.

Теоретические занятия (лекции) – 4 часа.

Лекции № 3 и № 4. Форма проведения занятий: изложение информации.

##### Раздел 3. Холодная пластическая деформация поликристалла.

Теоретические занятия (лекции) – 4 часа.

Лекции № 5 и № 6. Форма проведения занятий: изложение информации.

Лабораторный практикум – 17 часов, 1 работа.

Наименование работы: Определение функциональной зависимости «интенсивность напряжений – интенсивность деформации» металлов и сплавов по результатам испытания вхолостую цилиндрических образцов растяжением.

Форма выполнения: индивидуальная, на реальном оборудовании, типовая.

Цель работы: приобретение практических навыков в проведении механических испытаний и обработке их результатов. Используемое оборудование: испытательная машина ИМ-4А.

##### Раздел 4. Деформация при повышенных температурах.

Теоретические занятия (лекции) – 4 часа.

Лекции № 7 и № 8. Форма проведения занятий: изложение информации.

##### Раздел 5. Ползучесть металлов и сплавов. Релаксация напряжений.

Теоретические занятия (лекции) – 2 часа.

Лекция № 9. Форма проведения занятий: изложение информации.

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 часов, из них 34 часа аудиторных занятий и 74 часа, отведенные 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 п.4 Рабочей программы и в Приложении 5 к Рабочей программе.

Вид работы	Содержание (перечень вопросов)	Трудоемкость, час.	Рекомендации
<b>Раздел 1. Строение металлов.</b>			
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы.	Понятие кристаллической решетки. Типы кристаллической решетки, явление полиморфизма. Параметры решетки. Плотность упаковки атомов в решетке. Индексация плоскостей и направлений. Понятие кристаллической структуры, моно и поликристаллы. Вакансии, дислоцированные и примесные атомы.	10	Основная литература: № 1 (глава 1); № 2 (глава 1); № 4 (стр. 14-85). Дополнительная литература: № 1 (глава 1); № 2 (стр. 9 - 76); № 3 (глава 1, глава 2, глава 3). moodle.voenmeh.ru
<b>Раздел 2. Деформация монокристалла.</b>			
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы.	Механизм скольжения. Напряжение сдвига атомных плоскостей. Понятие дислокации. Механизм перемещения дислокации. Двойникование и другие механизмы пластической деформации.	10	Основная литература: № 1 (глава 1); № 2 (глава 1); № 4 (стр. 14-85). Дополнительная литература: № 1 (глава 1); № 2 (стр. 9 - 76). moodle.voenmeh.ru

<b>Раздел 3. Холодная пластическая деформация поликристалла.</b>			
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы. Подготовка к лабораторной работе.	Система скольжения. Внутрикристаллитная и межкристаллитная деформация. Полосчатость микроструктуры, текстура, остаточные напряжения. Изменение структуры, физических и механических свойств в результате холодной пластической деформации. Упрочнение при холодной деформации. Понятие напряжения текучести, степени деформации, кривые упрочнения. Методы построения кривых упрочнения (по результатам испытания цилиндрических образцов на растяжение и на сжатие).	20	Основная литература: № 1 (глава 1, глава 6); № 3 (лабораторная работа № 1 и № 2); № 4 (стр. 14-85). Дополнительная литература: № 1 (глава 1, глава 6); № 2 (стр. 9 - 76) moodle.voenmeh.ru
Оформление отчета по лабораторной работе	Оформление отчета по лабораторной работе	10	Основная литература: № 3 (лабораторная работа № 1). ГОСТ 7.32-2001. moodle.voenmeh.ru
Итого по разделу 3		30	
<b>Раздел 4. Деформация при повышенных температурах.</b>			
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы.	Возврат и рекристаллизация. Диаграмма рекристаллизации. Виды деформации при обработке давлением (холодная, неполная холодная, горячая, неполная горячая). Изменение структуры, физических и механических свойств в результате горячей пластической деформации.	16	Основная литература: № 1 (глава 1); № 4 (стр. 14-85). Дополнительная литература: № 1 (глава 1); № 2 (стр. 9 - 76). moodle.voenmeh.ru
<b>Раздел 5. Ползучесть металлов и сплавов. Релаксация напряжений.</b>			
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы.	Ползучесть металлов и сплавов. Релаксация напряжений.	8	Основная литература: № 1 (глава 9); № 4 (стр. 14-85). Дополнительная литература: № 1 (глава 9); № 2 (стр. 9 - 76). moodle.voenmeh.ru
	<b>ИТОГО</b>	<b>74</b>	

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Успешное изучение дисциплины предполагает выполнение следующих основных требований и рекомендаций:

- обязательное посещение аудиторных занятий;
- обязательное и технически грамотное ведение конспекта;
- активное участие в учебном процессе, предусматривающее усвоение материала на лекционных и лабораторных занятиях и при самостоятельной работе вне сетки аудиторных занятий;
- обязательная подготовка к лекционным занятиям с изучением рекомендованной литературы;
- своевременное выполнение и защита лабораторной работы;
- серьезная подготовка к сдаче зачета, включающая изучение конспектов, рекомендованной литературы, отчета по выполненной лабораторной работе.

Рекомендации по использованию рекомендованной литературы в процессе самостоятельной работы приведены в приложении 3.

Многолетний опыт свидетельствует, что наибольшие трудности для всех студентов представляют: анализ результатов расчетов и экспериментов, формулирование выводов, составление отчета. Вызвано это тем, что исполнение названных частей работы невозможно без глубоких знаний по соответствующей дисциплине и высокого уровня общей подготовки исполнителя. Преодолеть указанные трудности вполне возможно систематической старательной работой в течение семестра, использованием консультаций преподавателя, вдумчивым отношением к содержанию и форме изложения методических указаний к лабораторным работам.

Решение поставленных в лабораторной работе учебных и научных задач на должном уровне невозможно без глубокого усвоения положений теории. Поэтому первым пунктом задания предусмотрено изучение теоретического материала.

Отчет по лабораторной работе необходимо оформить в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

При расчетах значений механических свойств и параметров аппроксимирующей зависимости следует использовать правила округления полученных значений, определенных ГОСТ 1497-84 Металлы. Методы испытания на растяжение.

Отчет должен быть представлен преподавателю для проверки, после проверки исправлен в соответствии с замечаниями преподавателя и, в случае необходимости, предъявлен для контроля повторно.

С оформленным в соответствии с установленными требованиями отчетом студенту следует явиться к преподавателю на собеседование по содержанию выполненного задания. Принятый отчет необходимо сдать на кафедру.



### ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценивание уровня учебных достижений студента осуществляется в виде текущего, рубежного и промежуточного контроля в соответствии с положением о проведении текущего, рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить знания студентов по данной дисциплине, включают в себя:

- перечень вопросов письменного опроса (О);
- перечень вопросов для защиты отчета по лабораторной работе (ЛР);
- перечень вопросов для тестирования (Т).

Образцы тестов и отчетов о лабораторных работах хранятся на кафедре в УМК дисциплины.

#### Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	НОМЕРА РАЗДЕЛОВ	НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ДИДАКТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ	ВСЕГО	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ В КОНТАКТНОЙ ФОРМЕ			САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ	ФОРМИРУЕМАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
					ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ		ОПК2		
3	5	1	<b>Раздел 1. Строение металлов.</b> Понятие кристаллической решетки. Типы кристаллической решетки, явление полиморфизма. Параметры решетки. Плотность упаковки атомов в решетке. Индексация плоскостей и направлений. Понятие кристаллической структуры, моно и поликристаллы. Вакансии, дислоцированные и примесные атомы.	24	4	4	-	10	25%		О или Т
		2	<b>Раздел 2. Деформация монокристалла.</b> Механизм скольжения. Напряжение сдвига атомных плоскостей. Понятие дислокации. Механизм перемещения дислокации. Двойникование и другие механизмы пластической деформации.	24	4	4		10	25%		О или Т
		3	<b>Раздел 3. Холодная пластическая деформация поликристалла.</b> Система скольжения. Внутрикристаллитная и межкристаллитная деформация. Полосчатость микроструктуры, текстура, остаточные напряжения. Изменение структуры, физических и механических свойств в результате холодной пластической деформации. Упрочнение при холодной деформации. Понятие напряжения текучести, степени деформации, кривые упрочнения. Методы построения кривых упрочнения (по результатам испытания цилиндрических образцов на растяжение и на сжатие).	56	21	4	17	30	25%		ЛР; О или Т

	4	<b>Раздел 4. Деформация при повышенных температурах.</b> Возврат и рекристаллизация. Диаграмма рекристаллизации. Виды деформации при обработке давлением (холодная, неполная холодная, горячая, неполная горячая). Изменение структуры, физических и механических свойств в результате горячей пластической деформации.	29	4	4		16	20%	О ИЛИ Т
	5	<b>Раздел 5. Ползучесть металлов и сплавов. Релаксация напряжений.</b>	11	1	1	-	8	5%	О ИЛИ Т
<b>ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>			<b>108</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>74</b>	<b>100%</b>	

### Перечень вопросов письменного опроса

1. Понятие кристаллической решетки. Типы кристаллической решетки, явление полиморфизма.
2. Параметры решетки. Плотность упаковки атомов в решетке. Индексация плоскостей и направлений.
3. Понятие кристаллической структуры, моно и поликристаллы.
4. Вакансии, дислоцированные и примесные атомы.
5. Деформация монокристалла. Механизм скольжения. Напряжение сдвига атомных плоскостей.
6. Понятие дислокации. Механизм перемещения дислокации.
7. Двойникование и другие механизмы пластической деформации.
8. Холодная пластическая деформация поликристалла.
9. Система скольжения. Внутрикристаллитная и межкристаллитная деформация.
10. Полосчатость микроструктуры, текстура, остаточные напряжения.
11. Изменение структуры, физических и механических свойств в результате холодной пластической деформации.
12. Построение кривых упрочнения по результатам испытания цилиндрических образцов на растяжение.
13. Построение кривых упрочнения по результатам испытания цилиндрических образцов на сжатие.
14. Виды деформации при обработке давлением (холодная, неполная холодная, горячая, неполная горячая).
15. Возврат и рекристаллизация. Диаграмма рекристаллизации.
16. Изменение структуры, физических и механических свойств в результате горячей пластической деформации.
17. Ползучесть металлов.
18. Релаксация напряжений.

### Перечень вопросов для защиты отчета по лабораторной работе

1. Какие виды испытаний применяют для определения функциональной зависимости  $\sigma_i - \varepsilon_i$ ? 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  $\sigma_i - \varepsilon_i$ ? Какие свойства испытанного материала она отражает? Что характеризуют ее опорные точки?
5. Каково применение зависимости  $\sigma_i - \varepsilon_i$  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  $\varepsilon_i$  в промежуточных точках участка  $AB$  на участок  $BD$  с помощью диаграммы  $P-\Delta l$ ?
8. Что называют предельной деформацией при растяжении?
9. Что учитывает коэффициент  $\eta$  в формуле для расчета  $\sigma_{ip}$ ?
10. Каков физический смысл интенсивности напряжений  $\sigma_i$  в функциональной зависимости  $\sigma_i - \varepsilon_i$ ?
11. По каким формулам вычислены значения  $\sigma_i$  и  $\varepsilon_i$  в опорных и в промежуточных точках диаграммы  $\sigma_i - \varepsilon_i$ ? Как установлены эти формулы?
12. Какой вид аппроксимирующей функции зависимости  $\sigma_i - \varepsilon_i$  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?

### Перечень вопросов для тестирования

1. Какой тип кристаллической решетки изображен на рисунке?
2. Реальные металлы (характеризуются какими параметрами)
3. Что называют дендритом?
4. Что называют зерном?
5. Дефекты кристаллической структуры подразделяются на (введите правильные ответы):
6. Какие дефекты кристаллической структуры относят к точечным? Введите правильные ответы.
7. Какие дефекты кристаллической структуры относят к линейным?
8. Какие дефекты кристаллической структуры относят к объемным?
9. На каком рисунке показана вакансия?
10. На каком рисунке показан дислоцированный атом?
11. На каком рисунке показан примесной атом?
12. На каком рисунке показана дислокация?
13. Сколько плоскостей скольжения имеет объемноцентрированная кубическая решетка?
14. Сколько плоскостей скольжения имеет гранецентрированная кубическая решетка?
15. Сколько плоскостей скольжения имеет гексагональная плотноупакованная решетка?

16. Холодную деформацию проводят: (условия проведения и характеристики).
17. Неполную холодную деформацию проводят: (условия проведения и характеристики).
18. Горячую деформацию проводят: (условия проведения и характеристики).
19. Неполную горячую деформацию проводят: (условия проведения и характеристики).
20. Упрочнением (наклепом) называют?
21. Основные преимущества горячей деформации состоят в следующем (введите правильные ответы):
22. Основные недостатки горячей деформации состоят в следующем (введите правильные ответы):
23. Какие механические свойства, определяемые в соответствии с ГОСТ 1497-84, достоверно отражают пластические свойства металлов или сплавов? (введите правильные ответы)
24. Могут ли отличаться механические свойства металла одного химического состава?
25. Какие механические свойства металлов и сплавов определяют испытанием цилиндрических образцов растяжением в соответствии с ГОСТ 1497-84?
26. Что называют предельной деформацией при растяжении?
27. Что учитывает коэффициент  $\eta$  в формуле для расчета  $\sigma_{ip}$ ?
28. Каков физический смысл интенсивности напряжений  $\sigma_i$  в функциональной зависимости  $\sigma_i - \varepsilon_i$ ?
29. По каким формулам вычислены значения  $\sigma_i$  и  $\varepsilon_i$  в опорных точках диаграммы  $\sigma_i - \varepsilon_i$ ?
30. По каким формулам вычислены значения  $\sigma_i$  и  $\varepsilon_i$  в промежуточных точках диаграммы  $\sigma_i - \varepsilon_i$ ?

Тест состоит из 30 вопросов. На каждый вопрос предлагается по 4 ответа. Необходимо выбрать один или несколько, по мнению обучающегося, правильных ответов. Если в тесте предложен один правильный ответ, то за его выбор обучающийся получает 1 балл. Если в тесте предложено несколько правильных ответов, то они могут иметь одинаковый или разный вес (доля от одного балла, например, 0,5; 0,33(3), 0,8; 0,2).

### **Критерии оценивания**

**Посещаемость** контролируется преподавателем и учитывается при простановке экзаменационной оценки, а именно: в пограничных ситуациях оценок 2-3, 3-4, 4-5. Если студент посетил 90% и более занятий, то ему ставится более высокая оценка.

#### **Лабораторная работа.**

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном или рукописном виде. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, работа считается сданной.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случаях: отсутствие необходимых разделов; отсутствие необходимого графического материала; некорректная обработка результатов измерений; несоответствие оформления установленным требованиям.

#### **Оценка на дифференцированном зачете.**

Для получения положительной оценки на зачете студент должен:

**знать** основные математические, физические, химические и др. положения, законы и т. п. сведения, необходимые для применения в области обработки металлов давлением при изготовлении машиностроительной продукции;

**владеть** навыками применения стандартных испытаний по определению физико-механических свойств.

Оценка «Отлично» выставляется студенту, прочно усвоившему программный материал, исчерпывающе, грамотно и логически стройно его излагающему, в ответе которого тесно увязывается теория с практикой. При этом студент 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 студенту, знающему программный материал, грамотно и по существу излагающему его, который 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 студенту, 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 «Неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями решает практические задачи.

Критерии оценки при проведении тестирования: зачтено-отлично – 28-30 баллов; зачтено-хорошо – от 24 до 28 баллов; зачтено-удовлетворительно – от 20 до 24 баллов; не зачтено – менее 20 баллов.



## СПРАВКА

### о наличии в библиотеке БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова учебной литературы

1. Наименование дисциплины: «Физические основы пластической деформации».

2. Кафедра: Е4 «Высокоэнергетические устройства автоматических систем».

3. Перечень основной учебной литературы (авторы, название, наличие грифа Минобразования, УМО, НМС, другого министерства или ведомства, выходные данные, количество экземпляров):

**3.1. Прикладная теория пластичности** [Текст] : учебное пособие для вузов / К. М. Иванов [и др.] ; ред. К. М. Иванов. - СПб. : Политехника, 2009. - 376 с. : граф., схемы, табл. - (Учебное пособие для вузов). - Авторы указ. на 376 с. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-7325-0927-4 (70 экз.)

**3.2. Прикладная теория пластичности** [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / К. М. Иванов [и др.] ; ред. К. М. Иванов. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Политехника, 2009. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл. - (Учебное пособие для вузов). - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr02548.pdf. - Авторы указ. на 376 с. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-7325-0927-4.

**3.3. Титов, Андрей Валерьевич.** Теория пластичности [Текст] : учебное пособие [для вузов] / А. В. Титов, А. О. Фанифатов, Е. В. Затеруха ; ред. Г. А. Данилин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2014. - 110 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 108. - ISBN 978-5-85546-843-4 (73 экз.).

**3.4. Титов, Андрей Валерьевич.** Теория пластичности [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов] / А. В. Титов, А. О. Фанифатов, Е. В. Затеруха ; ред. Г. А. Данилин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2014. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr02083.pdf. - Библиогр.: с. 108. - ISBN 978-5-85546-843-4

**3.5. Кузнецов, Дмитрий Петрович.** Теория пластичности и теория обработки металлов давлением [Текст] : лабораторный практикум [для вузов] / Д. П. Кузнецов, Н. И. Нестеров, К. М. Иванов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2007. - 77 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 76. - Вопросы для самоконтроля: в конце лаб. раб. - Приложение: с. 71-75. (163 экз.).

**3.6. Кузнецов, Дмитрий Петрович.** Теория пластичности и теория обработки металлов давлением [Электронный ресурс] : лабораторный практикум [для вузов] / Д. П. Кузнецов, Н. И. Нестеров, К. М. Иванов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2007. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr01004.pdf. - Библиогр.: с. 76. - Вопросы для самоконтроля: в конце лаб. раб. - Приложение: с. 71-75.

**3.7. Теория обработки металлов давлением** [Текст] : учебник для вузов / В. А. Голенков [и др.] ; ред.: В. А. Голенков, С. П. Яковлев. - 3-е изд. - М. : Машиностроение, 2013. - 441 с. : граф., схемы, табл. - (Учебник для вузов). - Библиогр.: с. 438-441. - Принят. обознач.: с.

13. - Примеры решения задач: в конце глав. - Задания для самоконтроля: в конце глав. - ISBN 978-5-94275-469-3 (8 экз.).

4. Перечень дополнительной литературы:

4.1. **Прикладная теория пластичности** [Текст] : учебник для вузов / К. М. Иванов [и др.] ; ред. К. М. Иванов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2007. - 348 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-85546-333-0 (61 экз.).

4.2. **Прикладная теория пластичности** [Электронный ресурс] : учебник для вузов / К. М. Иванов [и др.] ; ред. К. М. Иванов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2007. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr01092.pdf. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-85546-333-0.

4.3. **Сторожев, Михаил Васильевич**. Теория обработки металлов давлением [Текст] : учебник для вузов / М. В. Сторожев, Е. А. Попов. - Изд. 4-е, перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1977. - 423 с. : граф., рис., табл. - Библиогр.: с. 413-417. - Именной указ.: с. 418-419. - Предметный указ.: с. 420-421. (98 экз.).

Директор библиотеки



(Сесина Н.В.)

Дата

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ, ВНОСИМЫХ В РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ

на 202\_\_\_\_ / 202\_\_\_\_ учебный год

В рабочую программу внесены следующие изменения:

Все изменения рабочей программы рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика Е4 «\_\_»\_\_\_\_\_202\_г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_/ \_\_\_\_\_/