

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Суслин А. В.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

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	
4	8	3	108	8	4	4	0	100	0	0	100	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 составили:

Кафедра Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА  
АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Нестеров Николай Иванович, к.т.н., доцент, доцент

Кафедра Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА  
АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Фанифатов Алексей Олегович, 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 ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ**

## **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:*

методов определения напряженно-деформированного состояния заготовки в процессе деформации;

*умения:*

рассчитывать параметры напряженно-деформированного состояния заготовки;

анализировать распределения параметров напряженно-деформированного заготовки;

*навыки:*

владение методами инженерных расчетов.

### **ПСК-1/24.2**

*знания:*

методик проведения экспериментов в области обработки металлов давлением;

*умения:*

рассчитывать технологические параметры операций обработки металлов давлением;

*навыки:*

владение методами инженерных расчетов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.01 Машиностроение*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ, ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **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-4 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-6 — Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий
- ПСК-1.01 — способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю подготовки
- ПСК-1.05 — Способен определять напряженно-деформированное состояние заготовки в процессе ее пластического деформирования
- УК-6 — Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни

### 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
4	8	<b>Раздел 1. Методы определения напряженно-деформированного состояния заготовки и основных технологических параметров процессов обработки металлов давлением.</b> Основные технологические параметры процессов обработки металлов давлением. Метод совместного решения дифференциальных уравнений равновесия и условия пластичности. Метод сопротивления материалов пластическому деформированию. Метод баланса работ. Вариационные методы. Метод конечных элементов.	11	1	1	0	10	10	0
4	8	<b>Раздел 2. Контактное трение при пластическом деформировании.</b> Особенности и роль контактного трения. Теория контактного трения и основные зависимости. Способы оценки сил контактного трения. Факторы, влияющие на коэффициент трения. Методы определения коэффициента трения.	11	1	1	0	10	10	0
4	8	<b>Раздел 3. Влияние гидростатического давления на технологические параметры процессов пластической деформации.</b> Влияние гидростатического давления на предельную пластичность, силу и работу деформирования, упругую разгрузку. Связь между гидростатическим давлением и отношением площадей контактной и свободной поверхностей заготовки.	11	1	1	0	10	10	0
4	8	<b>Раздел 4. Классификации процессов ОМД.</b> Классификации С.И.Губкина, Н.И.Корнеева, Г.А.Смирнова-Аляева.	11	1	1	0	10	5	0
4	8	<b>Раздел 5. Процесс изгиба листового материала.</b> Круговой изгиб. Напряженно-деформированное состояние узкой и широкой заготовки. Определение параметров деформации узкой и широкой заготовки. Положение нейтральной поверхности деформаций и напряжений. Определение напряжений в узкой и широкой заготовках. Поперечный изгиб. Характеристика напряженно-деформированного состояния. Минимальный радиус изгиба. Сила изгиба.	28	4	0	4	24	20	100
4	8	<b>Раздел 6. Процесс отбортовки.</b> Определение параметров напряженно-деформированного состояния в характерных точках очага пластической деформации. Определение диаметра исходного отверстия. Определение толщины стенки на кромке борта. Определение высоты борта. Определение критического диаметра. Определение силы деформирования.	18	0	0	0	18	20	0
4	8	<b>Раздел 7. Процесс свободного осаживания заготовок односвязного контура между плоскопараллельными плитами.</b> Характеристика напряженно-деформированного состояния. Сила деформирования цилиндрической заготовки, прямоугольной в плане заготовки, заготовки произвольного поперечного сечения.	18	0	0	0	18	25	0
Всего за 8 семестр			108	8	4	4	100	100	100
Всего по дисциплине			108	8	4	4	100	100	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 5. Процесс изгиба листового материала.	Исследование деформированного и напряженного состояний наружной поверхности изгибаемой листовой заготовки при холодной деформации	4
Всего за 8 семестр			4

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Методы определения напряженно-деформированного состояния заготовки и основных технологических параметров процессов обработки металлов давлением.	Изучение содержания лекционных занятий и рекомендованной литературы.	10
2	Раздел 2. Контактное трение при пластическом деформировании.	Изучение содержания лекционных занятий и рекомендованной литературы.	10
3	Раздел 3. Влияние гидростатического	Изучение содержания лекционных	10

	давления на технологические параметры процессов пластической деформации.	занятий и рекомендованной литературы.	
4	Раздел 4. Классификации процессов ОМД.	Изучение содержания лекционных занятий и рекомендованной литературы.	10
5	Раздел 5. Процесс изгиба листового материала.	Проведение расчетов параметров напряженно-деформированного состояния и силы деформирования. Оформление отчета и подготовка к защите.	6
6		Изучение рекомендованной литературы.	18
7	Раздел 6. Процесс отбортовки.	Изучение рекомендованной литературы.	18
8	Раздел 7. Процесс свободного осаживания заготовок односвязного контура между плоскопараллельными плитами.	Изучение рекомендованной литературы.	18
<b>Всего за 8 семестр</b>			<b>100</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
<b>8</b>					ТекК	ДР			ТекК	ДР					ТекК	ДР	ЛР

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- ЛР – лабораторная работа.

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

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

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. Р. Каргин, Б. В. Каргин. . Теория обработки металлов давлением. Самара: СамГУ, 2019, эл. рес.
2. Г. А. Смирнов-Аляев. . Сопротивление материалов пластическому деформированию. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978, 131 экз.
3. Д. П. Кузнецов, Н. И. Нестеров, К. М. Иванов. . Теория пластичности и теория обработки металлов давлением. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, 163 экз.
4. К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности. СПб.: Политехника, 2009, 70 экз.
5. К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Механика процессов обработки давлением. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, 110 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://e.lanbook.com/> (ЭБС ЛАНБ);
2. <https://moodle.voenmeh.ru/course/view.php?id=3986> — БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова // Moodle: Вход на сайт;
3. [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.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. Инструментальные измерительные микроскопы;
4. Гравировально-фрезерный станок Roland (Великобритания).

### **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 **ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ** 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 решением задач по определению напряженно-деформированного состояния, силы деформирования, размеров исходных заготовок в процессах обработки металлов давлением.

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.

**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 (**4 ч.**), самостоятельная работа студента (**100 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 8 ч. аудиторных занятий, и 100 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. Методы определения напряженно-деформированного состояния заготовки и основных технологических параметров процессов обработки металлов давлением.</b>		
Изучение содержания лекционных занятий и рекомендованной литературы.	К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности: СПб.: Политехника, 2009 (главы 12-15) К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Механика процессов обработки давлением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Введение, п.1.4, п.1.7)	10
Итого по разделу 1		10
<b>Раздел 2. Контактное трение при пластическом деформировании.</b>		
Изучение содержания лекционных занятий и рекомендованной литературы.	К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Механика процессов обработки давлением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (п.1.1) В. Р. Каргин, Б. В. Каргин. . Теория обработки металлов давлением: Самара: СамГУ, 2019 (7)	10
Итого по разделу 2		10
<b>Раздел 3. Влияние гидростатического давления на технологические параметры процессов пластической деформации.</b>		
Изучение содержания лекционных занятий и рекомендованной литературы.	К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Механика процессов обработки давлением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (п.1.2, п.1.3.4)	10
Итого по разделу 3		10
<b>Раздел 4. Классификации процессов ОМД.</b>		
Изучение содержания лекционных занятий и рекомендованной литературы.	К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Механика процессов обработки давлением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (п.1.3)	10
Итого по разделу 4		10
<b>Раздел 5. Процесс изгиба листового материала.</b>		
Проведение расчетов параметров напряженно-деформированного состояния и силы деформирования. Оформление отчета и подготовка к защите.	Д. П. Кузнецов, Н. И. Нестеров, К. М. Иванов. . Теория пластичности и теория обработки металлов давлением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (лаб. работа №3) К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Механика процессов обработки давлением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (п.2.1)	6
Изучение рекомендованной литературы.		18

	Г. А. Смирнов-Аляев. . Сопротивление материалов пластическому деформированию: Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978 (гл. 9)	
Итого по разделу 5		24
<b>Раздел 6. Процесс отбортовки.</b>		
Изучение рекомендованной литературы.	К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Механика процессов обработки давлением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (п.2.3)	18
Итого по разделу 6		18
<b>Раздел 7. Процесс свободного осаживания заготовок односвязного контура между плоскопараллельными плитами.</b>		
Изучение рекомендованной литературы.	К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Механика процессов обработки давлением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (п.3.1)	18
Итого по разделу 7		18

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- 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

Вопросы для текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы разрабатываются (обновляются) ежегодно в соответствии с материалами, изученными обучающимися.

#### Лабораторная работа

Отчет по ЛР представляется в печатном 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.

#### Экзамен

По каждому контрольному мероприятию обучающий (три диагностических работы, сдача лабораторной работы и учет посещаемости занятий) обучающийся набирает баллы в соответствии технологической картой дисциплины. Минимальное количество баллов и количество баллов, необходимое для получения экзаменационной оценки (отлично, хорошо, удовлетворительно), устанавливается нормативным актом по университету. Если по результатам обучения в семестре обучающийся не набрал минимальное количество баллов, то ему необходимо защитить отчет по лабораторной работе и явиться на экзамен. Если обучающийся претендует на более высокую оценку, то ему необходимо явиться на экзамен.

Экзаменационные вопросы:

1. Роль и особенности контактного трения при пластической деформации.
2. Определение силы трения. Законы трения.
3. Методы определения значений коэффициента трения.
4. Влияние гидростатического давления на пластичность.
5. Влияние гидростатического давления на усилие и работу деформирования.
6. Классификация процессов ОМД по Г.А Смирнову-Аляеву./С.И.Губкину./Н.И.Корнееву.
7. Гибка листового материала. Общая характеристика. Способы.
8. Определение параметров деформированного состояния при круговом изгибе.
9. Положение нейтрального слоя итоговой деформации при круговом изгибе.
10. Изменение толщины заготовки при круговом изгибе.
11. Напряженное состояние узких заготовок при круговом изгибе.
12. Напряженное состояние широких заготовок при круговом изгибе.
13. Определение положения нейтрального слоя напряжений при круговом изгибе.
14. Определение изгибающего момента и работы деформирования при круговом изгибе.
15. Напряженно-деформированное состояние заготовки при отбортовке.
16. Высота борта при отбортовке.
17. Толщина борта при отбортовке.
18. Сила деформирования при отбортовке.

19. Осадка. Общая характеристика. Деформированное состояние.
20. Напряженное состояние на контактной поверхности осаживаемой заготовки.
21. Определение силы деформирования при осаживании цилиндрической заготовки.
22. Определение силы деформирования при осаживании прямоугольной заготовки в плане.
23. Определение силы осадки заготовки произвольного поперечного сечения.

Для получения положительной оценки на экзамене студент должен:

знать:

область применения теории обработки металлов давлением;

расчетные зависимости для определения технологических параметров процессов обработки металлов давлением;

закономерности формоизменения металла и распределения параметров напряженно-деформированного состояния;

уметь:

проводить анализ распределения параметров напряженно-деформированного состояния заготовок;

рассчитывать параметры напряженно-деформированного состояния заготовок и сил деформирования;

владеть методами инженерных расчетов.

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.

Возможна сдача экзамена путем выполнения итогового теста.

Вопросы для тестирования

1. Какой основной параметр положен в основу классификации процессов обработки металлов давлением Г.А. Смирнова-Аляева?
2. От чего зависит величина предельной деформации металла для конкретной операции обработки давлением?
3. На какие параметры влияет величина гидростатического давления?
4. Какие признаки положены в основу классификации процессов ОМД, предложенной С.И.Губкиным?
5. По классификации процессов ОМД, предложенной С.И. Губкиным, процессы деформирования с нагревом, без нагрева или с охлаждением заготовки могут быть:
6. Контактное трение при пластической деформации влияет на:
7. Контактное трение при пластической деформации характеризуется следующими параметрами:
8. Если на поверхности контакта инструмента и заготовки нет никаких разделяющих тел и сред, то такое трение называют:
9. Если на поверхности контакта инструмента и заготовки есть промежуточный слой и слой ведет себя как твердое тело, т.е. не обладает основным свойством жидкости – жидкотекучестью, то такое трение называют:
10. Кто предложил определять силу трения по закону  $P_t = \mu \cdot N$  ?
11. Кто предложил определять силу трения по закону  $P_t = \mu N + Q$  ?
12. Кто предложил определять силу трения по закону  $P_t = \mu (N + qF_q)$  ?
13. Кто предложил определять силу трения по закону  $P_t = \tau_0 F_s + C N$  ?
14. При решении задач необходимо знать граничные условия, т.е. учитывать контактное трение. Способы задания этих условий:
15. К факторам, влияющим на величину коэффициента трения при пластической деформации, следует отнести:
16. Укажите наиболее точные методы определения величины коэффициента трения в процессах ОМД.
17. Какой закон трения положен в основу метода определения коэффициента трения с помощью

точечных датчиков?

18. Какой закон трения положен в основу метода определения коэффициента трения при прокатке, предложенного И.М. Павловым?

19. Какой закон трения положен в основу метода определения коэффициента трения осаживанием коническими бойками?

20. Какой закон трения положен в основу метода определения коэффициента трения свободным осаживанием?

21. В методе клещевого захвата экспериментально необходимо определять?

22. Укажите признаки кругового изгиба.

23. Укажите признаки поперечного изгиба.

24. При анализе напряженно-деформированного состояния при круговом изгибе заготовки подразделяют на:

25. Что принято за критерий деления изгибаемых заготовок на «узкие» и «широкие»?

26. Укажите схемы деформированного и напряженного состояния для наружной зоны «узкой» заготовки при круговом изгибе.

27. Укажите схемы деформированного и напряженного состояния для внутренней зоны «узкой» заготовки при круговом изгибе.

28. Как изменяется толщина заготовки при гибке?

29. Укажите зависимости для определения параметров деформаций в наружной зоне при изгибе «широкой» заготовки.

30. Укажите схемы деформированного и напряженного состояния для наружной зоны «широкой» заготовки при круговом изгибе.

31. Укажите схемы деформированного и напряженного состояния для внутренней зоны «широкой» заготовки при круговом изгибе.

32. Укажите зависимости для определения параметров деформаций во внутренней зоне при изгибе «широкой» заготовки.

33. Укажите зависимости для определения параметров деформаций в наружной зоне при изгибе «узкой» заготовки.

34. Укажите зависимости для определения параметров деформаций во внутренней зоне при изгибе «узкой» заготовки.

35. Укажите, для какой поверхности и при круговом изгибе какой заготовки приведены схемы деформированного и напряженного состояния.

36. При изгибе какой заготовки и в какой зоне предельная деформация материала заготовки наименьшая?

37. Что называют «минимальным радиусом изгиба»?

38. К какой группе по классификации процессов обработки металлов давлением, предложенной Г.А. Смирновым-Аляевым, относится гибка?

39. К какой группе по классификации процессов обработки металлов давлением, предложенной Г.А. Смирновым-Аляевым, относится отбортовка?

40. Как изменяется толщина заготовки в процессе отбортовки?

41. Какой вид деформированного состояния на наружной кромке борта при отбортовке (точка А)?

42. Какой вид деформированного состояния на внутренней кромке борта при отбортовке (точка В)?

43. Что называют критическим диаметром при отбортовке?

44. Как для процесса отбортовки определить значение интенсивности деформаций в точке В?

45. Как для процесса отбортовки определить значение интенсивности деформаций в точке А?

46. Как изменяется толщина заготовки на наружной стенке в процессе образования кольца с двойной стенкой?

47. Как изменяется толщина заготовки на внутренней стенке в процессе образования кольца с двойной стенкой?

48. Какой вид деформированного состояния в наружной стенке в процессе образования кольца с двойной стенкой?

49. Какой вид деформированного состояния во внутренней стенке в процессе образования кольца с двойной стенкой?

50. Зона III осаживаемой заготовки является:

51. Зона I осаживаемой заготовки является:

52. Что является основной причиной неравномерности деформации по объему осаживаемой заготовки?

53. Неравномерность деформации по объему осаживаемой заготовки уменьшается при:

54. По результатам экспериментальных исследований установлено, что на контактной поверхности осаживаемой заготовки в общем случае можно выделить следующие зоны:

55. При решении задачи определения силы при осаживании заготовки какой принят закон трения в зоне торможения на контактной поверхности?

56. При решении задачи определения силы при осаживании заготовки какой принят закон трения в зоне скольжения на контактной поверхности?

57. Какие допущения приняты для решения задачи определения силы при осаживании цилиндрической заготовки?
58. Какие допущения приняты для решения задачи определения силы при осаживании прямоугольной в плане заготовки?
59. Какие допущения приняты для решения задачи определения силы при осаживании цилиндрической и прямоугольной в плане заготовки?
60. К какой группе по классификации процессов обработки металлов давлением, предложенной Г.А. Смирновым-Аляевым, относится осадка?
- Тест для приема экзамена состоит из 30 вопросов.
- При тестировании: отлично – от 29 до 30 баллов; хорошо – от 25 до 29 баллов; удовлетворительно – от 20 до 25 баллов; неудовлетворительно – менее 20 баллов.



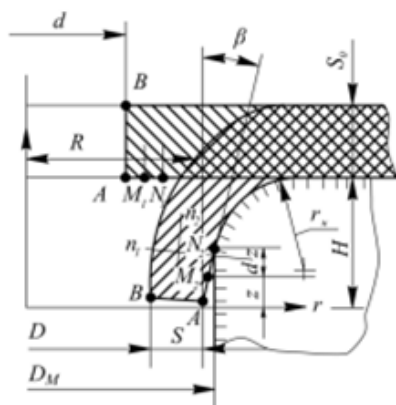
КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПСК-1.05	ПСК-1/24.2	
4	8	Раздел 1. Методы определения напряженно-деформированного состояния заготовки и основных технологических параметров процессов обработки металлов давлением.	11	1	1	0	10	10	0	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 2. Контактное трение при пластическом деформировании.	11	1	1	0	10	10	0	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 3. Влияние гидростатического давления на технологические параметры процессов пластической деформации.	11	1	1	0	10	10	0	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 4. Классификации процессов ОМД.	11	1	1	0	10	5	0	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 5. Процесс изгиба листового материала.	28	4	0	4	24	20	100	Лабораторная работа, Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 6. Процесс отбортовки.	18	0	0	0	18	20	0	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 7. Процесс свободного осаживания заготовок односвязного контура между плоскопараллельными плитами.	18	0	0	0	18	25	0	Вопросы для текущего контроля
Всего за 8 семестр			108	8	4	4	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	8	4	4	100	100	100	

## Критерии оценивания

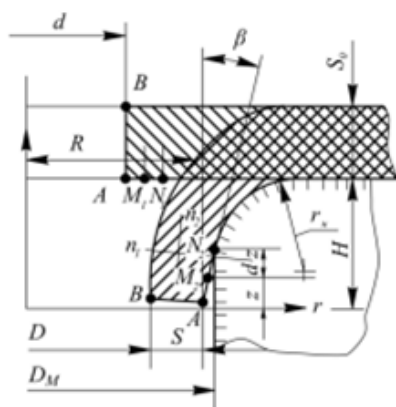
### ПСК-1.05

Вопросы открытого типа:

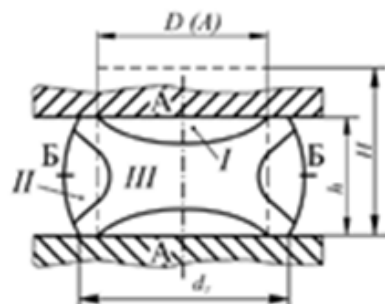
- № 1 Приведите схемы деформированного и напряженного состояния для внутренней зоны «узкой» заготовки при круговом изгибе
- № 2 Приведите схемы деформированного и напряженного состояния для наружной зоны «широкой» заготовки при круговом изгибе
- № 3 При изгибе какой заготовки и в какой зоне предельная деформация материала заготовки наименьшая?
- № 4 Какой вид деформированного состояния на внутренней кромке борта при отбортовке (точка В)?



- № 5 Что называют критическим диаметром при отбортовке?
- № 6 Как для процесса отбортовки определить значение интенсивности деформаций в точке В?



- № 7 Зона III осаживаемой заготовки является:



- № 8 Неравномерность деформации по объему осаживаемой заготовки уменьшается при .....
- № 9 При решении задачи определения силы при осаживании заготовки какой принят закон трения в зоне скольжения на контактной поверхности?
- № 10 Какие допущения приняты для решения задачи определения силы при осаживании

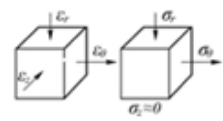
цилиндрической заготовки?

*Вопросы закрытого типа:*

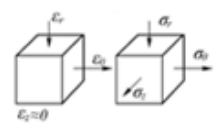
№ 1

Укажите схемы деформированного и напряженного состояния для наружной зоны «узкой» заготовки при круговом изгибе:

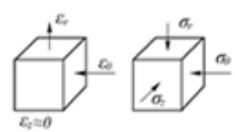
а



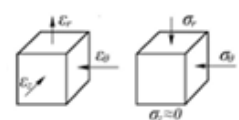
б



в



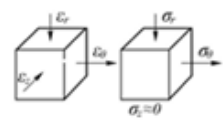
г



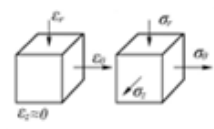
№ 2

Укажите схемы деформированного и напряженного состояния для внутренней зоны «широкой» заготовки при круговом изгибе:

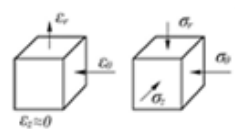
а



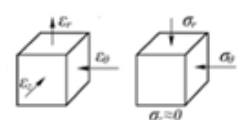
б



в



г



№ 3

Укажите зависимости для определения параметров деформаций во внутренней

зоне при изгибе «широкой» заготовки:

$$-\varepsilon_\theta = \varepsilon_1 = \ln(r/\rho\varepsilon), \varepsilon_z = \varepsilon_2 = 0, \varepsilon_r = \varepsilon_3 = \ln(\rho\varepsilon/r)$$

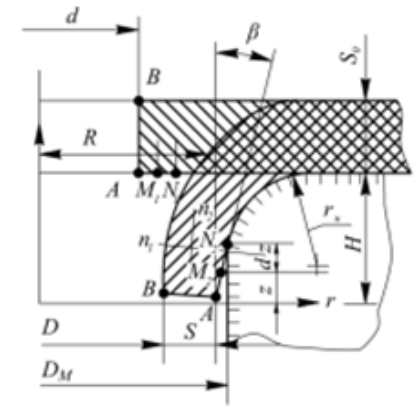
$$-\varepsilon_\theta = \varepsilon_3 = \ln(r/\rho\varepsilon), \varepsilon_z = \varepsilon_2 = 0, \varepsilon_r = -\varepsilon_3 = -\ln(\rho\varepsilon/r)$$

$$-\varepsilon_\theta = \varepsilon_1 = \ln(r/\rho\varepsilon), \varepsilon_z = \varepsilon_r = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -1/2 \ln(\rho\varepsilon/r)$$

$$-\varepsilon_\theta = \varepsilon_3 = \ln(r/\rho\varepsilon), \varepsilon_z = \varepsilon_r = \varepsilon_2 = \varepsilon_1 = -1/2 \ln(r/\rho\varepsilon)$$

№ 4

Какой вид деформированного состояния на наружной кромке борта при отбортовке (точка A)?



- сдвиг

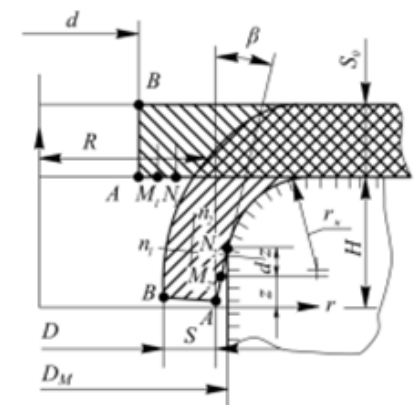
- сжатие в

- растяжение

- простое растяжение

№ 5

Как для процесса отбортовки определить значение интенсивности деформаций в точке A?



а

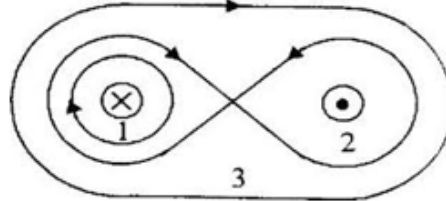
$$\varepsilon_i = \ln \frac{D}{d}$$

б

$$\varepsilon_i = \ln \frac{D + 2S}{d}$$

в

Циркуляция вектора магнитной индукции  $\vec{B}$  по замкнутому контуру равна нулю. Выберите для какого контура это утверждение верно?



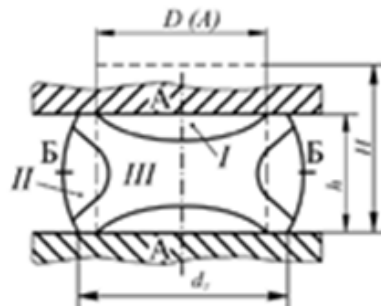
1. Контура в виде восьмерки 2
2. Кругового контура 1
3. для всех
4. Овального контура 3

г

$$\varepsilon_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \ln \frac{D + 2S}{d}$$

№ 6

Зона I осаживаемой заготовки является:



- зоной наибольшей деформации
- зоной наименьшей деформации
- зоной, в которой деформация не происходит
- зоной скольжения

№ 7

Что является основной причиной неравномерности деформации по объему осаживаемой заготовки?

- наличие контактного трения
- высота заготовки
- механические свойства заготовки
- температура деформирования

№ 8

Неравномерность деформации по объему осаживаемой заготовки уменьшается:

- при уменьшении высоты заготовки
- при уменьшении диаметра заготовки
- при уменьшении коэффициента контактного трения
- при уменьшении отношения поперечных размеров ( $D/H$  ( $A/H$ ))

№ 9

По результатам экспериментальных исследований установлено, что на контактной поверхности осаживаемой заготовки в общем случае можно выделить следующие зоны:

- зоны равномерной и неравномерной деформации
- зону торможения и зону скольжения

- № 10
- зону застоя и зону торможения
  - зоны наименьшей, средней и наибольшей деформации
- При решении задачи определения силы при осаживании заготовки какой принят закон трения в зоне торможения на контактной поверхности?

$$\tau_{\text{кон}} = \mu \sigma_n$$

$$\tau_{\text{кон}} = \tau_{\text{max}}$$

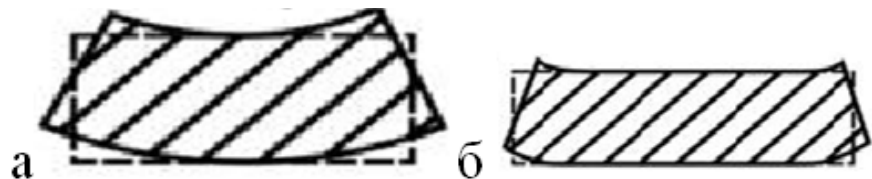
$$\tau_{\text{кон}} = K_1 \tau_{\text{max}}$$

$$\tau_{\text{кон}} = \mu \sigma_i$$

#### ПСК-1/24.2

Вопросы открытого типа:

- № 1 Нарисуйте схему поперечного изгиба листовой заготовки в лабораторном штампе
- № 2 Укажите признаки поперечного изгиба
- № 3 Нарисуйте типовую диаграмму зависимости изгибающей силы  $P$  от стрелы прогиба  $h$
- № 4 Наиболее сильно при изгибе искажается сечение ..... заготовок
- № 5 Приведите схемы деформированного и напряженного состояния для наружной зоны при изгибе «широкой» заготовки
- № 6 Приведите схемы деформированного и напряженного состояния для наружной зоны при изгибе «узкой» заготовки
- № 7 Напишите зависимости для определения параметров деформаций в наружной зоне при изгибе «узкой» заготовки
- № 8 На каком из рисунков изображено сечение изгибаемой «узкой» заготовки, а на каком «широкой»?



- № 9 Для чего используется данная зависимость?

$$P = 1,5 B S_0^2 \sigma_T (S_0/r_n)^{0,25} h^n / (1+f)l$$

- № 10 Отклонение расчетных значений силы деформирования при гибке от опытных составляет ..... %

Вопросы закрытого типа:

- № 1 К какой группе по классификации процессов обработки металлов давлением, предложенной Г.А. Смирновым-Аляевым, относится гибка?

- 1
- 2
- 3

- № 2 - 4  
При анализе напряженно-деформированного состояния при изгибе заготовки подразделяют на
- узкие и широкие
  - тонкие и толстые
  - длинные и короткие
- № 3 - тонкие узкие и широкие и толстые узкие и широкие  
Что принято за критерий деления изгибаемых заготовок на «узкие» и «широкие»?
- отношение ширины заготовки к толщине
  - отношение толщины заготовки к ширине
  - отношение длины заготовки к толщине
- № 4 - отношение длины заготовки к толщине  
К «узким» относят заготовки у которых отношение ширины  $B$  к толщине  $s_0$
- $B > 2s_0$
  - $B \leq 3s_0$
  - $B < 2s_0$
  - $B \geq 3s_0$
- № 5 К «широким» относят заготовки у которых отношение ширины  $B$  к толщине  $s_0$
- $B > 2s_0$
  - $B \geq 2s_0$
  - $B > 3s_0$
  - $B \geq 3s_0$
- № 6 Как изменяется толщина заготовки при гибке?
- не изменяется
  - уменьшается
  - увеличивается
  - уменьшается, при величине относительного внутреннего радиуса больше 5 – не изменяется
- № 7 При изгибе какой заготовки и в какой зоне предельная деформация материала заготовки наименьшая?
- при изгибе «узкой» заготовки на наружной поверхности
  - при изгибе «широкой» заготовки на наружной поверхности
  - при изгибе «узкой» заготовки на внутренней поверхности
  - при изгибе «широкой» заготовки на внутренней поверхности
- № 8 Что называют «минимальным радиусом изгиба»?
- значение внутреннего радиуса изгибаемой заготовки, при котором на наружной поверхности достигается предельная степень деформации
  - значение внутреннего радиуса изгибаемой заготовки, при котором на внутренней поверхности достигается предельная степень деформации

- значение наружного радиуса изгибаемой заготовки, при котором на наружной поверхности достигается предельная степень деформации
- значение среднего радиуса изгибаемой заготовки, при котором на наружной поверхности достигается предельная степень деформации
- № 9 Укажите зависимости для определения параметров деформаций в наружной зоне при изгибе «широкой» заготовки
- $\epsilon_\theta = \epsilon_1 = \ln(r/\rho\epsilon)$ ,  $\epsilon_z = \epsilon_2 = 0$ ,  $\epsilon_r = \epsilon_3 = \ln(\rho\epsilon/r)$
- $\epsilon_\theta = \epsilon_3 = \ln(r/\rho\epsilon)$ ,  $\epsilon_z = \epsilon_2 = 0$ ,  $\epsilon_r = -\epsilon_3 = -\ln(\rho\epsilon/r)$
- $\epsilon_\theta = \epsilon_1 = \ln(r/\rho\epsilon)$ ,  $\epsilon_z = \epsilon_r = \epsilon_2 = \epsilon_3 = -1/2 \ln(\rho\epsilon/r)$
- № 10 Какой метод используется в работе для определения параметров напряженно-деформированного состояния изгибаемой заготовки?
- твердости
- делительной сетки
- линий скольжения
- конечных элементов