

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Декан ФМАТ

В.И. Ряжских/

2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины (модуля)**

**«Физические основы обработки материалов давлением»**

**Направление подготовки** 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

**Профиль** Конструкторско-технологическое обеспечение кузнечно-штамповочного производства

**Квалификация выпускника** Бакалавр

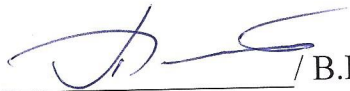
**Нормативный период обучения** 4 года / -

**Форма обучения** Очная / -

**Год начала подготовки** 2021 г.

Автор программы  / А. Ю Бойко. /

Заведующий кафедрой  
автоматизированного оборудования  
машиностроительного производства  / В.Р Петренко. /

Руководитель ОПОП  / В.Р Петренко. /

**Воронеж 2021**

## 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1 Цели дисциплины

- освоение материалов о физической природе пластической деформации; об основных закономерностях формоизменения металла в холодном и горячем состояниях и принципах рационального построения и анализа технологии различных процессов обработки металлов давлением.

### 1.2 Задачи освоения дисциплины

- приобретение знаний по физике пластических деформаций, теории пластичности и пластического течения, влиянию пластических деформаций на реологические свойства металлов и сплавов;

- изучение методов определения напряженно-деформированного состояния обрабатываемых заготовок, силовых и энергетических параметров процессов обработки металлов давлением.

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физические основы обработки материалов давлением» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б.1 учебного плана.

## 3 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физические основы обработки материалов давлением» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 – Способен разрабатывать, исследовать и отлаживать новые операцииковки и штамповки, производить расчет оптимальных режимов работы кузнечно-штамповочного оборудования, собирать и обрабатывать данные в процессе опытной эксплуатации.

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1        | <b>Знать:</b> основы механических и технологических свойств металлов и сплавов, структуру металлов;<br>теорию и условия пластичности и пластического течения; виды деформации, зависимости между напряжениями и деформациями применительно к процессам обработки металлов давлением;<br>теорию напряжений; методы определения напряженно-деформированного состояния обрабатываемых заготовок;<br>современные методы экспериментальных исследований |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | процессов обработки металлов давлением                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|  | <b>Уметь</b> применять современные методы экспериментальных исследований процессов обработки металлов давлением; проводить исследование напряженно-деформированного состояния материалов, закономерностей технологической механики параметров типовых операций обработки металлов давлением для их оптимизации с целью обеспечения требуемого качества изделий. |
|  | <b>Владеть</b> навыками исследования реологических механических свойств, пластически деформируемых металлов.                                                                                                                                                                                                                                                    |

#### 4 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Физические основы обработки материалов давлением» составляет 3 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

| Вид учебной работы                                                                            | Всего часов | Семестры  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|--|--|--|
|                                                                                               |             | 5         |  |  |  |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                                                             | <b>54</b>   | <b>54</b> |  |  |  |
| В том числе:                                                                                  |             |           |  |  |  |
| Лекции                                                                                        | 18          | 18        |  |  |  |
| Практические занятия (ПЗ), в том числе в форме практической подготовки ( <i>при наличии</i> ) | -           | -         |  |  |  |
| Лабораторные работы (ЛР), в том числе в форме практической подготовки ( <i>при наличии</i> )  | 36          | 36        |  |  |  |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                                                 | <b>54</b>   | <b>54</b> |  |  |  |
| Курсовой проект                                                                               | -           | -         |  |  |  |
| Контрольная работа                                                                            | -           | -         |  |  |  |
| Вид промежуточной аттестации, зачет                                                           | +           | Зачет     |  |  |  |
| Общая трудоемкость, часов                                                                     | 108         | 108       |  |  |  |
| Зачетных единиц                                                                               | 3           | 3         |  |  |  |

#### 5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

##### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

##### Очная форма обучения

| № п/п | Наименование | Содержание раздела, темы дисциплины | Лекции | Практ | Лаб. | СРС | Всего, |
|-------|--------------|-------------------------------------|--------|-------|------|-----|--------|
|-------|--------------|-------------------------------------|--------|-------|------|-----|--------|

|   | раздела                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | и | .<br>зан<br>. | зан<br>. |   | час |
|---|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------------|----------|---|-----|
| 1 | Физические основы теории пластичности | <p><b>Физическая природа пластической деформации и теория пластичности применительно к ОМД</b></p> <p>Развитие ОМД. Сущность и задачи теории пластичности применительно к ОМД. Место ТОМД среди других дисциплин, структура курса. Развитие механики, физики, химии и пластической деформации. Вклад отечественных и зарубежных ученых в науку о пластической деформации. Идеализация свойств материала, как метод познания.</p> <p><b>Упругая и пластическая деформации, соотношение между ними при ОМД.</b> Условия постоянства объема. Показатели степени деформации. Механизм пластической деформации монокристалла; скольжение и двойникование, изгибание и скручивание плоскостей скольжения. Элементы теории дислокаций. Искажение кристаллической решетки, типы дислокаций. Возникновение накопления дислокаций, их взаимодействие. Упрочнение. Физическая природа упрочнения. Холодная пластическая деформация поликристалла. Изменение формы зерен. Образование ориентировки зерна и текстуры. Явления, возникающие в процессе холодной деформации. Изменение физико-механических и химических свойств. Кривые упрочнения и их свойства.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Основные понятия о механических и технологических свойствах металлов и их сплавов: деформации упругие и пластические; хрупкость и пластичность; упрочняемость и др. Строение металлов и сплавов. Мо-</p> | 2 | -             | 4        | 6 | 12  |

|   |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |    |
|---|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|----|
|   |                          | нокристалл и поликристалл, кристаллит, зерно, межкристаллическое вещество, кристаллическая решетка, несовершенство решетки и структура реальных металлов. Анизотропия свойств.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |   |   |    |
|   |                          | <p><b>Влияние температуры, скорости деформации и контактного трения на свойства металла</b></p> <p>Изменение свойств холодного деформированного металла при нагреве. Возврат и рекристаллизация. Связь между скоростью деформации и скоростью рекристаллизации. Влияние температуры на механические свойства металла. Виды деформации. Влияние скорости деформации на пластичность и сопротивление деформации, тепловой эффект.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Диаграммы пластичности; зоны хрупкости. Значение первичной обработки структуры, фазовое состояние металла. Влияние горячего деформирования на свойства металла. Явления, ограничивающие пластическое формоизменение Природа контактного трения. Основные факторы, влияющие на силу трения. Ограничения в отношении роста сил трения, вытекающие из условия пластичности Методы экспериментального определения коэффициентов трения. Механизм действия смазки при ОМД.</p> | 2 | - | 4 | 6 | 12 |
| 2 | Теоретические основы ОМД | <p><b>Элементы теории напряжений</b></p> <p>Влияние силы напряжения. Величины, характеризующие напряженное состояние. Напряженное состояние в точке тела. Изменение компонент векторов напряжения при изменении направлений осей координат. Инварианты. Главные оси, главные плоскости и главные компоненты векторов напряжения. Компоненты, вы-</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2 | - | 4 | 6 | 12 |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |  |   |   |    |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|---|---|----|
|  |  | раженные через главные напряжения. Понятие о тензоре напряжения и его инвариантах; разложение его на шаровой тензор и девиатор напряжения. Главные касательные напряжения, октаэдрические напряжения. Интенсивность напряжений.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |  |   |   |    |
|  |  | <u>Самостоятельное изучение.</u><br>Виды напряженного состояния. Дифференциальные уравнения равновесия в прямоугольных, цилиндрических и сферических координатах. Частные случаи: осесимметричное напряжение и плоское деформированное состояние.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |  |   |   |    |
|  |  | <b>Деформация и скорости деформации</b><br>Движение: скорости движения точек среды. Уравнение связи текущих и начальных координат материальной точки.<br>Скорости деформации. Скорость относительного изменения объема элемента. Тензор деформации и тензор скорости деформации. Изменение направления системы координат и изменение векторов компонент скорости деформации Инварианты. Главная система координат.<br><u>Самостоятельное изучение.</u><br>Экспериментальные значения векторов и компонент скоростей деформации. Однородная и неоднородная скорость деформации тела. Интенсивность деформаций. | 2 |  | 4 | 6 | 12 |
|  |  | <b>Связь между компонентами векторов напряжений и скоростью деформации</b><br>Подобие диаграмм в девиаторной плоскости для компонент напряжения и скорости деформации. Связь между компонентами скорости деформации и напряжения.<br><u>Самостоятельное изучение.</u><br>Частные случаи: плоское напря-                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2 |  | 4 | 6 | 12 |

|   |                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |    |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|----|
|   |                                                                                        | <i>женное, плоское деформированное и осесимметричные состояния.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |    |
|   |                                                                                        | <b>Условие пластичности</b><br>Представление о металле как о сплошной деформируемой среде. Идеализация свойств металла. Условие пластичности по условию постоянства предела текучести. Главные касательные напряжения. Понятие об условии пластичности плоского напряженного состояния. Энергетическое условие пластичности, его физический и геометрический смысл. Влияние среднего главного напряжения.<br><i>Самостоятельное изучение. Частные уравнения условий пластичности.</i>                                                                                                 | 2 |   | 4 | 6 | 12 |
| 3 | Методы теоретического анализа и определения деформирующих усилий, работ сил деформации | <b>Теоретические основы определения технологических параметров операций ОМД</b><br>Уравнения, определяющие условия на границе деформации. Деформирующее усилие. Удельное усилие деформирования.<br>Решение дифференциальных уравнений равновесия и пластичности. Частные случаи, осесимметричное, плоскодеформированное и плосконапряженное состояния.<br>Метод линий скольжения. Понятие о методе верхней оценки. Метод сопротивления материалов. Метод баланса работ и др. Методы определения деформирующих усилий. Методы определения деформирующих усилий, работ сил деформации и | 2 | - | 4 | 6 | 12 |

|              |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |           |          |           |           |            |
|--------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|
|              |  | <p>формоизменения.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Методы приближенного решения системы уравнений для частных случаев осесимметричного и плосконапряженного состояний.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |           |          |           |           |            |
|              |  | <p><b>Операции ковки и объёмной штамповки</b></p> <p>Осадка полосы и цилиндра. Решение плоской задачи в напряжении. Выдавливание и прошивка. Анализ процессов, деформирующее усилие. Прокатка широкой полосы с передним и задним натяжением.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Инженерный метод расчета контактных напряжений и усилия прокатки.</p>                                                                                                                                                                                              | 2         | -        | 4         | 6         | 12         |
|              |  | <p><b>Операции листовой штамповки</b></p> <p>Гибка металлов. Общие понятия об изгибе без упрочнения и с упрочнением. Отбортовка. Обжим и раздача трубных заготовок. Анализ процессов. Вытяжка листового металла без утонения стенки. Учет сил трения и изгиба. Упрочнение при вытяжке. Операция обтяжки с растяжением. Виды оболочек. Технологические параметры наибольшего формоизменения.</p> <p>Вытяжка стакана с утонением стенки. Анализ процесса.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Критические состояния процессов листовой штамповки.</p> | 2         | -        | 4         | 6         | 12         |
| <b>Итого</b> |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>18</b> | <b>-</b> | <b>36</b> | <b>54</b> | <b>108</b> |

## 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Построение кривых упрочнения.
2. Исследование влияния скорости деформирования на усилие и работу деформирования при осадке.
3. Исследование влияния контактного трения на формоизменение заготовки при осадке.
4. Определение коэффициента трения при осадке.
5. Исследование нормальных и касательных напряжений на контактных поверхностях при осадке прямоугольной полосы.



6. Исследование напряженно-деформированного состояния при вытяжке.
7. Исследование напряженно-деформированного состояния при прямом выдавливании.
8. Исследование формоизменения цилиндрической заготовки при прошивке.
9. Исследование напряженно-деформированного состояния на боковой поверхности цилиндрической заготовки при осадке.

## **6 ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) и контрольной работы (контрольных работ).

## **7 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

### **7.1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

#### **7.1.1 Этап текущего контроля**

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

| <b>Компетенция</b> | <b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>                                                                                                                                                                | <b>Критерии оценивания</b>                                                                   | <b>Аттестован</b>                                             | <b>Не аттестован</b>                                            |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>ПК-1</b>        | <b>Знать:</b> основы механических и технологических свойств металлов и сплавов, структуру металлов; теорию и условия пластичности и пластического течения; виды деформации, зависимости между напряжениями и деформациями применительно | Активная работа на лабораторных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при отчёте работ | Выполнение работ в сроки, предусмотренные в рабочей программе | Невыполнение работ в сроки, предусмотренные в рабочей программе |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                              |                                                               |                                                                 |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|  | к процессам обработки металлов давлением;<br>теорию напряжений;<br>методы определения напряженно-деформированного состояния обрабатываемых заготовок;<br>современные методы экспериментальных исследований процессов обработки металлов давлением                                                                                                                  |                                                                                              |                                                               |                                                                 |
|  | <b>Уметь</b> применять современные методы экспериментальных исследований процессов обработки металлов давлением;<br>проводить исследование напряженно-деформированного состояния материалов, закономерностей технологической механики параметров типовых операций обработки металлов давлением для их оптимизации с целью обеспечения требуемого качества изделий. | Активная работа на лабораторных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при отчёте работ | Выполнение работ в сроки, предусмотренные в рабочей программе | Невыполнение работ в сроки, предусмотренные в рабочей программе |
|  | <b>Владеть</b> навыками исследования реологических механических свойств, пластически деформируемых металлов.                                                                                                                                                                                                                                                       | Активная работа на лабораторных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при отчёте работ | Выполнение работ в сроки, предусмотренные в рабочей программе | Невыполнение работ в сроки, предусмотренные в рабочей программе |

### 7.1.2 Этапы промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по следующей системе:

«зачтено»;

«не зачтено»;

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Критерии оценивания                             | Зачтено                               | Не зачтено                           |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ПК-1        | <b>Знать:</b> основы механических и технологических свойств металлов и сплавов, структуру металлов; теорию и условия пластичности и пластического течения; виды деформации, зависимости между напряжениями и деформациями применительно к процессам обработки металлов давлением; теорию напряжений; методы определения напряженно-деформированного состояния обрабатываемых заготовок; современные методы экспериментальных исследований процессов обработки металлов давлением | Ответы на зачётные вопросы и выполнение задания | Ответ и выполнение задания на 70-100% | Ответ и выполнение задания менее 70% |
|             | <b>Уметь</b> применять современные методы экспериментальных исследований процессов обработки металлов давлением; проводить исследование напряженно-деформированного состояния материалов, закономерностей технологической ме-                                                                                                                                                                                                                                                    | Ответы на зачётные вопросы и выполнение задания | Ответ и выполнение задания на 70-100% | Ответ и выполнение задания менее 70% |

|  |                                                                                                                                     |                                                 |                                       |                                      |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|  | ханики параметров типовых операций обработки металлов давлением для их оптимизации с целью обеспечения требуемого качества изделий. |                                                 |                                       |                                      |
|  | <b>Владеть</b> навыками исследования реологических механических свойств, пластически деформируемых металлов.                        | Ответы на зачётные вопросы и выполнение задания | Ответ и выполнение задания на 70-100% | Ответ и выполнение задания менее 70% |

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

Тестирование не предусмотрено

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

*(стандартных задач и методов решений в дисциплине нет)*

### **7.2.3 Примерный перечень практических заданий для решения прикладных задач**

1. Показать форму зоны пластической деформации и напряжённо-деформированное состояние при отрезке сдвигом.
2. Показать форму зоны пластической деформации и напряжённо-деформированное состояние при отрезке кручением.
3. Показать форму зоны пластической деформации и напряжённо-деформированное состояние при растяжении с концентратором.
4. Показать форму зоны пластической деформации и напряжённо-деформированное состояние при гибке (холодной ломке).
5. Показать форму зоны пластической деформации и напряжённо-деформированное состояние при вытяжке.
6. Показать форму зоны пластической деформации и напряжённо-деформированное состояние при вытяжке с утонением.
7. Показать форму зоны пластической деформации и напряжённо-деформированное состояние при прямом выдавливании.
8. Показать форму зоны пластической деформации и напряжённо-деформированное состояние при обратном выдавливании.

9. Показать форму зоны пластической деформации и напряжённо-деформированное состояние при осадке.
10. Показать форму зоны пластической деформации и напряжённо-деформированное состояние при прошивке.
11. Показать форму зоны пластической деформации и напряжённо-деформированное состояние при обжиге.
12. Показать форму зоны пластической деформации и напряжённо-деформированное состояние при раздаче.
13. Показать форму зоны пластической деформации и напряжённо-деформированное состояние при отбортовке.
14. Определить главные нормальные напряжения по заданной схеме напряжённого состояния.
15. Определить главные касательные напряжения по заданной схеме напряжённого состояния.
16. Определить величину смещённого объёма при прошивке.

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

1. Основные содержания и задачи дисциплины «Физические основы обработки металлов давлением».
2. Основные понятия о механических свойствах материалов.
3. Основные разделы курса обработки металлов давлением.
4. Строение металлов и сплавов.
5. Физическая сущность пластических деформаций в металлах (дислокации).
6. Анизотропия механических свойств при пластическом деформировании.
7. Основные механизмы пластической деформации (скольжение, двойникование).
8. Пластическая деформация поликристаллов. Линии Чернова - Люверса (линии скольжения).
9. Формирование волокнистой макроструктуры в металлах.
10. Явления в поликристалле после пластической деформации.
11. Влияние холодной пластической деформации на свойства металлов.
12. Влияние холодной пластической деформации на свойства металлов.
13. Кривые упрочнения и способы их получения.
14. Кривая упрочнения первого рода.
15. Кривая упрочнения второго рода.
16. Деформация при повышенных температурах: области применения горячей обработки металлов давлением.
17. Явления упрочнения и разупрочнения при горячей обработке металлов давлением. Кривые размера зерен.
18. Отжиг, явления происходящие при нем.
19. Виды деформации при обработке металлов давлением.
20. Влияние температуры обработки на пластические свойства металла.

21. Преимущества и недостатки горячей обработке металлов давлением.
22. . Скорость деформации, ее влияние на пластичность.
23. Влияние скорости деформации на основные явления обработки металлов давлением.
24. Явление сверхпластичности металлов.
25. Контактное трение: основные явления в поверхностном слое.
26. Контактное трение: полусухое, жидкостное, контактное трение в твердых смазках.
27. Контактное трение: анизотропия сил трения.
28. Технологические смазки, механизм действия смазок.
29. Законы и виды контактного трения.
30. Влияние контактного давления на коэффициент трения. Связь между коэффициентами трения по Кулону и по Прандтлю.
31. Формирование микрорельефа поверхности при контактном трении.
32. Методы экспериментального определения коэффициента трения.
33. Напряженное состояние в точке: основные понятия о напряжениях, формы представления тензора напряжений.
34. Теория напряженного состояния: закон парности касательных напряжений.
35. Теория напряженного состояния: напряжения на произвольной наклонной площадке.
36. Теория напряженного состояния: главные площадки и главные напряжения.
37. Теория напряженного состояния: гидростатическое давление, шаровой тензор, девиатор напряжений.
38. Теория напряженного состояния: понятия об октаэдрическом напряжении.
39. Теория напряженного состояния: максимальные касательные напряжения.
40. Теория напряженного состояния: коэффициент жесткости напряженного состояния. Виды напряженного состояния.
41. Теория напряженного состояния: дифференциальные уравнения равновесия.
42. Практическое задание.
43. Теория напряженного состояния: дифференциальные уравнения равновесия при осесимметричном напряженном состоянии.
44. Теория деформированного состояния: связь между перемещениями и деформациями.
45. Теория деформированного состояния: тензор деформаций, его основные свойства, аналогия с тензором напряжений.
46. Теория деформированного состояния: объемная деформация, условие несжимаемости.
47. Теория деформированного состояния: интенсивность деформаций и ее физическая связь с интенсивностью напряжений.

48. Теория деформированного состояния: уравнение совместности деформаций.

49. Теория деформированного состояния: осесимметричное деформированное состояние.

50. Теория деформированного состояния: скорости деформаций, их связь со скоростями, интенсивности скоростей деформации.

51. Теория деформированного состояния: главные деформации (понятие).

52. Теория деформированного состояния: накопленная деформация (параметр Оджиста).

53. Условия пластичности. Условия пластичности по максимальному касательному напряжению. 53-Энергетическая теория пластичности (Лизиса).

54. Деформационная теория пластичности (теория плоских деформаций).

55. Поверхность нагружения, ее основные свойства.

56. Теория течения.

57. Приближенные методы решения: преобразование энергии при обработке металлов давлением.

58. Основное уравнение энергетического баланса. Пример: осадка цилиндра.

59. Понятие о методе «нижних оценок».

60. Метод «верхних оценок». Применение разрывных полей скоростей течения.

61. Плоская деформация, основные уравнения и соотношения.

62. Плоская деформация: основные уравнения метода линий скольжения,

виды и свойства полей линий скольжения.

63. Задача Прандтля о вдавливании плоского штампа в пластическое полупространство.

64. Задача о сдавливании тупого клина.

65. Прошивка тупым плоским пуансоном.

66. Осадка прямоугольной полосы неограниченной длины (при неограниченном росте касательных напряжений).

67. Осадка прямоугольной полосы неограниченной длины (при ограничении касательных напряжений).

68. Осадка цилиндра при неограниченном росте касательных напряжений.

69. Осадка цилиндра при ограниченном росте касательных напряжений.

70. Пластическая раздача трубы внутренним давлением.

71. Пластический изгиб бруса (гибка).

72. Пластическое скручивание бруса круглого поперечного сечения.

73. Пластическое кручение бруса с некруглым поперечным сечением (основные понятия и аналогии).

74. Пластическое кручение бруса с некруглым поперечным сечением (основные понятия и аналогии).

75. Операция вытяжки.

76. . Операция выдавливания через коническую матрицу.

77. Операция открытой прошивки.

78. Операция закрытой прошивки.

79. Операция листовой штамповки: вырубка, гибка.

80 Операция листовой штамповки: обтяжка на пуансоне.

81. Операция листовой штамповки: вытяжка.

#### **7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену**

Не предусмотрено учебным планом

#### **7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с календарным графиком в 5 семестре. Учебным планом при промежуточной аттестации по дисциплине предусмотрен **зачет**.

К зачёту допускаются обучающиеся, получившие положительную оценку по каждой выполненной лабораторной работе и текущей аттестации.

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по результатам освоения дисциплины разработан в форме экзаменационных заданий. Каждое задание содержит вопрос и практическое задание. Каждый правильный ответ на вопрос оценивается 10 баллами, каждое правильно выполненное задание оценивается 10 баллами.

Наибольшее количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Не зачтено» ставится, если набрано менее 14 баллов.

2. Оценка «Зачтено» ставится, если набрано от 14 до 20 баллов.

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины                  | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование оценочного средства                                               |
|-------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Физические основы теории пластичности                     | ПК-1                                          | Отчет лабораторных работ - устный опрос, отчет; задание – устный опрос, зачет. |
| 2     | Теоретические основы ОМД                                  | ПК-1                                          | Отчет лабораторных работ - устный опрос, отчет; задание – устный опрос, зачет. |
| 3     | Методы теоретического анализа и определения деформирующих | ПК-1                                          | Отчет лабораторных работ - устный опрос, отчет; задание – устный опрос, зачет. |



|  |                              |  |  |
|--|------------------------------|--|--|
|  | усилий, работ сил деформации |  |  |
|--|------------------------------|--|--|

### **7.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Правильно выполненная лабораторная работа характеризует практическую освоенность материала по ее теме.

Зачет проводится путем организации устного и письменного опроса обучающегося по заданию, выполненному на бумажном носителе или на компьютере. Подготовка ответов на вопросы задания длится 30 мин. Затем преподавателем проверяется правильность выполненных ответов, и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при промежуточной аттестации.

Практическое задание выполняется на бумажном носителе или на компьютере. На подготовку ответа по практическому заданию выделяется 30 мин. Затем преподавателем проверяется правильность его выполнения, и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **8.1.1 Основная литература**

1. Цеханов, Ю.А. [и др.]. Теория обработки металлов давлением. Физические основы пластической деформации металлов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет»; Цеханов Ю.А., Новокшенов С.Л. – Электрон. текстовые, граф. дан. – Воронеж: ГОУВПО ВГТУ, 2010. – 98 с. – 1 диск. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

2. Цеханов, Ю.А. [и др.]. Теория обработки металлов давлением. Расчеты энергосиловых параметров процессов обработки металлов давлением [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Ю.А., Цеханов, С.Л. Новокшенов. – Электрон. текстовые, граф. дан. – Воронеж: ГОУВПО ВГТУ, 2010., 91 с. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

#### **8.1.2 Дополнительная литература**

3. Сторожев, М.В. Теория обработки металлов давлением [Текст]: учеб. пособие / М.В. Сторожев. – 6-е изд. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.

#### **8.1.3 Методические разработки**

4. МУ к выполнению лабораторных работ по дисциплинам ОАП, ТОМД, САПРТПОМД с применением системы анализа и проектирования процессов пластической деформации Qform для студентов спец. 150201 Ми-ТОМД очной формы обучения [Электронный ресурс] / ГОУВПО «Воронеж.гос. техн. ун-т»; сост.: С.В. Сафонов, А.М. Гольцев, С.Л. Новокшенов. – Электрон.текстовые, граф. дан. – Воронеж: ВГТУ, 2008. Регистр. № 393-2008. – 1 диск. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

5. Методические указания к лабораторным работам № 6-9 по дисциплине «Физические основы обработки материалов давлением» для направления подготовки бакалавров 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль «Конструкторско– технологическое обеспечение кузнечно-штамповочного производства») очной формы обучения [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. С.И. Антонов, А.Ю. Бойко, А.М. Гольцев. электрон.текстовые, граф. дан. – Воронеж: ВГТУ, 2014. – Регистр. № 403-2014. – 1 диск. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

**Лицензионное программное обеспечение**

Adobe Acrobat Reader

Google Chrome

LibreOffice

WinDjView

КОМПАС-3D Учебная версия

**Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

<http://www.edu.ru/>

Образовательный портал ВГТУ

**Информационные справочные системы**

<http://window.edu.ru>

<https://wiki.cchgeu.ru/>

**Современные профессиональные базы данных**

*Ресурс машиностроения*

Адрес ресурса: <http://www.i-mash.ru/>

*Машиностроение: сетевой электронный журнал*

Адрес ресурса: <http://indust-engineering.ru/archives-rus.html>

*Библиотека Машиностроителя*

Адрес ресурса: <https://lib-bkm.ru/>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Наименование специальных\* помещений и помещений для самостоятельной работы л.д./2

Гидравлический настольный пресс-

Машина разрывная

Ножницы механические

Опытный образец автомата

Пресс гидравлический

Пресс кривошипный

Пресс фрикционный

Промышленный робот

Станок токарно-винторезный

Станок универсально-фрезерный

Электропечь

- комплект нормативной документации по технике безопасности;
- ноутбук в комплексе с проектором NZL (графические файлы по всем лекционным темам для демонстрации слайдов непосредственно в лекционной аудитории);
- слайды, видеоматериалы по КШО.

## **10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Физические основы обработки материалов давлением» читаются лекции, проводятся лабораторные занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Выполнение лабораторных работ направлено на приобретение практических навыков научных исследований в области обработки материалов давлением.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов над освоением теоретического материала, при подготовке к лабораторным занятиям и текущей и промежуточной аттестации по дисциплине. Информацию о видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины проводится проверкой лабораторных работ и их защитой.

Освоение дисциплины оценивается на зачете.

| Вид учебных занятий | Деятельность студента |
|---------------------|-----------------------|
|---------------------|-----------------------|

|                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекция                                              | <p>Написание конспекта лекций:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, формулировки, обобщения, графики и схемы, выводы;</li> <li>- выделять важные мысли, ключевые слова, термины.</li> </ul> <p>Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на лабораторной работе.</p> |
| Лабораторные занятия                                | <p>Перед каждой лабораторной работой студент должен ознакомиться с методическими указаниями, изучить теоретический материал и рекомендованную литературу к данной лабораторной работе, ознакомиться с ее организацией; уяснить цели задания, подготовиться и познакомиться с нормативной, справочной и учебной литературой и обратить внимание на рекомендации преподавателя: какие основные информационные данные извлечь из этих источников.</p>                                                                                                                                                                                                                      |
| Самостоятельная работа                              | <p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад.</li> </ul>                                                                                                                   |
| Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине | <p>При подготовке к текущей и промежуточной аттестации по дисциплине необходимо ориентироваться на конспекты лекций, основную и рекомендуемую литературу, выполненные лабораторные работы.</p> <p>Работа студента при подготовке к текущей и промежуточной аттестации должна включать: изучение учебных вопросов; распределение времени на подготовку; консультирование у преподавателя по трудно усваиваемым вопросам; рассмотрение наиболее сложных из них в дополнительной литературе, или других информационных источниках, предложенных преподавателем.</p>                                                                                                        |

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

| №<br>п/п | Перечень вносимых изменений | Дата вне-<br>сения из-<br>менений | Подпись заведую-<br>щего кафедрой, от-<br>ветственной за реа-<br>лизацию ОПОП |
|----------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|----------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|