

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
Институт новых материалов и технологий

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке  
В.В. Кружаев

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ**

Перечень сведений о рабочей программе	Учетные данные
Образовательная программа Обработка металлов давлением	Код ОП 22.06.01
Направление подготовки Технологии материалов	Код направления и уровня подготовки 22.06.01
Уровень подготовки Подготовка кадров высшей квалификации	
ФГОС ВО	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: № 888 30 июля 2014 г. с изменениями и дополнениями от 30 апреля 2015 г.

**СОГЛАСОВАНО**  
**УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**  
**КАДРОВ ВЫСШЕЙ**  
**КВАЛИФИКАЦИИ**

Екатеринбург, 2017

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Структурное подразделение</b>	<b>Подпись</b>
1	Шварц Данил Леонидович	к.т.н. доцент	заведующий кафедрой	кафедра обработки металлов давлением	

**Рекомендовано учебно-методическим советом института** новых материалов и технологий

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № 4-1 от 03.04.2017 г.

М.П. Шалимов

**Согласовано:**

Начальник ОПНПК

Е.А. Бутрина

# **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «Обработка металлов давлением»**

## **1.1. Аннотация содержания дисциплины**

Дисциплина посвящена изучению и усвоению закономерностей движения сплошной среды, методов решения краевых задач обработки металлов давлением, алгоритмов, положенных в основу программных комплексов для расчета формоизменения металла и силовых параметров процесса, экспериментальные методы исследования процессов обработки металлов давлением, а также основные направления развития энерго- и ресурсосберегающих технологий обработки металлов давлением и термомеханической обработки.

Цель дисциплины – изучить проблемы инновационного развития технологии, оборудования и управления технологическими процессами для повышения точности изделий, уровня механических свойств и эксплуатационных характеристик металлургической продукции.

## **1.2. Язык реализации программы – русский.**

## **1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

- способность и готовность теоретически обосновывать и оптимизировать технологические процессы получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии (ОПК-1);

- способность и готовность разрабатывать и выпускать технологическую документацию на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции (ОПК-2);

- способность и готовность выполнять нормативные требования, обеспечивающие безопасность производственной и эксплуатационной деятельности (ОПК-4);

- способность и готовность выполнять расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в качестве ведущего исполнителя с применением компьютерных технологий (ОПК-6);

- способность и готовность вести патентный поиск по тематике исследований, оформлять материалы для получения патентов, анализировать, систематизировать и обобщать информацию из глобальных компьютерных сетей (ОПК-7);

- способностью и готовностью обрабатывать результаты научно-исследовательской работы, оформлять научно-технические отчеты, готовить к публикации научные статьи и доклады (ОПК-8);

- способность и готовность разрабатывать технические задания и программы проведения расчетно-теоретических и экспериментальных работ (ОПК-9);

- способность выбирать приборы, датчики и оборудование для проведения экспериментов и регистрации их результатов (ОПК-10);

- способность и готовность разрабатывать технологический процесс, технологическую оснастку, рабочую документацию, маршрутные и операционные технологические карты для изготовления новых изделий из перспективных материалов (ОПК-11);

- способность и готовность участвовать в проведении технологических экспериментов, осуществлять технологический контроль при производстве материалов и изделий (ОПК-12);

- способность и готовность участвовать в сертификации материалов, полуфабрикатов, изделий и технологических процессов их изготовления (ОПК-13);

- способностью и готовностью организовывать работы по совершенствованию,

модернизации, унификации выпускаемых изделий, их элементов, разрабатывать проекты стандартов и сертификатов, проводить сертификацию материалов, технологических процессов и оборудования, участвовать в мероприятиях по созданию системы качества (ОПК-16);

- способностью и готовностью вести авторский надзор при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий (ОПК-18);

- способность и готовность демонстрировать системное понимание современного состояния и проблематики избранной (профессиональной) отрасли научного знания (ПК-1);

- способность и готовность вести исследования в избранной (профессиональной) отрасли научного знания с использованием современных методов и технологий (ПК-2);

- готовность к выявлению, разработке проблематики, с использованием научного подхода, проведению и внедрению результатов исследования в избранной (профессиональной) отрасли научного знания (ПК-3);

- способность к анализу, обработке и представлению научной и профессиональной информации (ПК-4);

- способность к критическому анализу, оценке и синтезу новых идей в избранной (профессиональной) отрасли научного знания, смежных областях (ПК-6).

**В результате освоения дисциплины студент должен:**

**Знать:**

- основные положения теории напряжений и теории деформаций;

- модели деформируемых сред;

- общую постановку краевой задачи механики обработки металлов давлением;

- теоретические основы процессовковки, трубного производства, прокатки, прессования и волочения;

- методы теоретического и экспериментального анализа для решения задач ОМД.

**Уметь:**

- анализировать напряженное и деформированное состояния металла при обработке давлением;

- получать, обрабатывать и анализировать диаграммы деформации;

- применять теоретические знания для решения практических задач;

- использовать справочную литературу для выполнения расчетов.

**Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):**

- навыками расчета напряженно-деформированного состояния для простых процессов обработки металлов давлением;

- навыками получения, обработки и анализа диаграммы деформации;

- навыками использования справочной литературы для выполнения расчетов;

- методиками расчета формоизменения металла и энергосиловых параметров для простых процессов обработки металлов давлением.

#### 1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	6
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия	-	-	-
4.	Лабораторные работы	-	-	-
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	104	0,6	104
6.	Промежуточная аттестация	18	0,33	Экзамен
7.	Общий объем по учебному плану, час.	108		108
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.		3	

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
Р1	Элементы тензорного анализа	<p>Линейное пространство и векторы. Операции над векторами. Основная задача тензорного исчисления. Линейные операторы. Матрица линейного оператора. Собственные векторы линейных операторов. Приведение матрицы симметричного линейного оператора к диагональному виду. Понятие тензора. Операции над тензорами.</p>
Р2	Полная система дифференциальных уравнений механики сплошной среды	<p>Понятие напряжения. Разложение вектора напряжения по координатным направлениям, на нормальное и касательные напряжения. Тензор напряжения. Закон парности касательных напряжений и симметрия тензора напряжения. Приведение матрицы тензора напряжения к простейшему виду. Инварианты тензора напряжения. Схемы напряженных состояний: схема всестороннего растяжения (сжатия), осесимметричная схема, плоское напряженное состояние, линейное напряженное состояние. Напряжения на октаэдрической площадке. Среднее нормальное (гидростатическое) напряжение. Разложение тензора напряжения на шаровой тензор напряжения и девиатор напряжения. Физический смысл напряженных состояний, определяемых шаровым тензором и девиатором напряжения. Первый инвариант шарового тензора напряжения. Первый и второй инварианты девиатора напряжения. Интенсивность касательных напряжений. Коаксиальность тензора напряжения и девиатора напряжения. Анализ напряженного состояния. Круги Мора. Максимальное касательное напряжение. Коэффициент Лодэ. Максимальное касательное напряжение и интенсивность касательных напряжений. Дифференциальные уравнения движения. Незамкнутость системы уравнений теории напряженного состояния. Поле вектора скорости перемещения. Полный дифференциал вектора скорости. Тензор абсолютной производной векторного поля скорости перемещения и физический смысл компонент матрицы этого тензора. Тензор жесткого вращения и тензор скорости деформации. Кинематические уравнения. Главные скорости деформации. Инварианты тензора скорости деформации. Скорость относительного изменения объема. Условие несжимаемости. Разложение тензора скорости деформации на шаровой тензор и девиатор скорости деформации. Физический смысл этих тензоров. Интенсивность скорости деформации сдвига. Уравнение неразрывности. Траектории перемещения. Степень деформации сдвига как характеристика конечного деформированного состояния. Тензор приращения деформации как характеристика мгновенного деформированного состояния. Тензор деформации как характеристика конечного деформированного состояния.</p>
Р3	Определяющие	Необходимость введения физических уравнений связи.

	соотношения механики	Гипотеза изотропности. Общий вид связи между тензором напряжения и тензором скорости деформации. Условия сохранения симметрии тензорной размерности. Гипотеза коаксиальности тензоров. Гипотеза пропорциональности девиаторов напряжения и скорости деформации. Связь между инвариантными характеристиками напряженного и деформированного состояний. Гипотеза о единой кривой и ее значение в построении физических уравнений связи. Замкнутая система уравнений теории течения. Уравнения связи напряженного и деформированного состояний некоторых материалов. Идеализированные модели реальных материалов. Определение сопротивления деформации металлов. Первое начало термодинамики. Законы сохранения тепловой и механической энергии. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
<b>P4</b>	Краевые задачи механики обработки металлов давлением	Полная система уравнений теории течения. Граничные условия: статические, кинематические, смешанные граничные условия, граничные условия для решения уравнения теплопроводности. Начальные условия. Формулировка краевой задачи теории пластического течения.
<b>P5</b>	Методы решения краевых задач ОМД	Упрощение краевой задачи теории пластичности: введение криволинейной системы координат и иллюстрация этого приема на примере цилиндрической системы координат, изотермическая деформация, несжимаемость материала, течение без массовых сил, плоское деформированное и плоское напряженное состояния, идеальная пластичность. Примеры решения задач теории пластичности.
<b>P6</b>	Метод конечных элементов	Система уравнений, заложенная в основу метода конечных элементов. Примеры решения задач методом конечных элементов.
<b>P7</b>	Экспериментальные методы исследования процессов ОМД	Тензометрический метод. Применение его для определения силовых характеристик процессов ОМД. Применение тензометрического метода для определения контактных напряжений. Метод координатных сеток для изучения деформированного состояния. Определение деформированного состояния при стационарном и нестационарном течении для плоской и осесимметричной деформации, а также на свободной поверхности деформируемого тела.

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

#### 3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины



#### 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 4.1. Лабораторные работы

Не предусмотрено.

##### 4.2. Практические занятия

Не предусмотрено.

##### 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

##### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Не предусмотрено.

##### 4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено.

##### 4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

##### 4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

##### 4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено.

##### 4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено.

##### 4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено.

##### 4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

Не предусмотрено.

##### 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено.

#### 5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
P1	Элементы тензорного анализа			*								
P2	Полная система дифференциальных уравнений механики сплошной среды			*								

<b>Р3</b>	Определяющие соотношения механики				*								
<b>Р4</b>	Краевые задачи механики обработки металлов давлением				*								
<b>Р5</b>	Методы решения краевых задач ОМД				*								
<b>Р6</b>	Метод конечных элементов				*								
<b>Р7</b>	Экспериментальные методы исследования процессов ОМД				*								

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## **6.2. Критерии оценивания результатов промежуточной аттестации при использовании независимого тестового контроля**

Не предусмотрено.

## **6.3. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации**

### **6.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий**

Не предусмотрено.

### **6.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий**

Не предусмотрено.

### **6.3.3. Примерные контрольные кейсы**

Не предусмотрено.

### **6.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета**

Не предусмотрено.

### **6.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена**

1. Общий вид связи между тензором напряжения и тензором скорости деформации.
2. Связь между инвариантными характеристиками напряженного и деформированного состояний.
3. Гипотеза о единой кривой.
4. Замкнутая система уравнений теории течения.
5. Идеализированные модели реальных материалов.
6. Полная система уравнений теории течения.
7. Формулировка краевой задачи теории пластического течения. Упрощение краевой задачи теории пластичности.
8. Полная система уравнений теории течения.
9. Граничные условия: статические, кинематические, смешанные граничные условия.
10. Тензометрический метод.
11. Метод координатных сеток для изучения деформированного состояния.
12. Исходные допущения и исходная система уравнений теории пластичности.
13. Общая постановка краевой задачи теории пластичности применительно к процессам ОМД.
14. Действительное напряженное и деформированное состояния.
15. Виртуальное напряженное и деформированное состояния.
16. Теоретическая основа метода конечных элементов. Принимаемые допущения.
17. Область практического применения методов расчета энергосиловых параметров процессов ОМД.
18. Экстремальные методы для идеальной пластичности.
19. Методы определения сопротивления деформации в холодном состоянии.
20. Сопротивление деформации при горячей обработке. Пластометр и методы определения сопротивления деформации при горячей обработке.

### **6.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации**

Не предусмотрено.

### **6.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**

Не предусмотрено.

### **6.3.8. Интернет-тренажеры**

Не предусмотрено.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. Рекомендуемая литература**

#### **7.1.1. Основная литература**

1. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением: Учебник для вузов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001. 836 с.
2. Прикладная теория пластичности : учебное пособие / К.М. Иванов. Санкт-Петербург: Политехника, 2011. 378 с.

#### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Кучеряев Б.В. Механика сплошных сред. Теоретические основы обработки давлением композитных металлов с задачами и решениями, примерами и упражнениями: учебник. М.: МИСИС, 2006. 604 с.
2. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением. Теория пластичности: Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1980. 465 с.
3. Аркулис Г.Э., Дорогобид В.Г. Теория пластичности. Учебное пособие для вузов. М.: Металлургия, 1987. 352 с.

### **7.2. Методические разработки**

1. Мясникова М.В. Анализ напряженного состояния в точке деформируемого тела: учебно-методическое пособие / М.В. Мясникова. Екатеринбург: УрФУ, 2015. 13 с.

### **7.3. Программное обеспечение**

Электронные таблицы MS Excel, MS Word, MS PowerPoint

### **7.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

Адрес	Название
<a href="http://library.urfu.ru">http://library.urfu.ru</a>	Сайт зональной научной библиотеки УрФУ
<a href="http://www.matweb.com">http://www.matweb.com</a>	Справочник по механическим свойствам материалов в формате стандартов ASTM
<a href="http://www.ingentaconnect.com">http://www.ingentaconnect.com</a>	Поисковая система зарубежных научно-технических журналов
<a href="http://ru.wikipedia.org">http://ru.wikipedia.org</a>	Свободная энциклопедия
<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>	Российская электронная научная библиотека
<a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a>	Поисковая система публикаций научных изданий

### **7.5. Электронные образовательные ресурсы**

Не применяются.

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

### **8.1. Общие требования**

1. Лекционная аудитория, оборудованная средствами электронной презентации.
2. Учебно-исследовательская лаборатория кафедры ОМД.

### **8.2. Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

1 Специализированное лабораторное оборудование кафедры ОМД: прокатные станы 130, 200, 120, трубопрокатные станы, волочильные станы, гидравлический горизонтальный пресс, вертикальные гидравлические и кривошипный прессы, пневматический молот.

2. Рабочий и измерительный инструмент: сменные валки, бойки, матрицы, волоки, валковая арматура, линейки, штангенциркули.

3. Измерительная аппаратура: мессдозы, блоки питания и балансировки, компьютерная техника и программное обеспечение для обработки результатов.

4. Образцы и заготовки из специальных сплавов для моделирования процессов пластической деформации.

#### **9. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Номер листа изменений</b>	<b>Номер протокола заседания кафедры</b>	<b>Дата заседания кафедры</b>	<b>Всего листов в документе</b>	<b>Подпись ответственного за внесение изменений</b>