

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**СТАРООСКОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.А. УГАРОВА**  
 (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения  
 высшего образования  
 «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»  
**СТИ НИТУ «МИСИС»**

Рабочая программа утверждена  
 решением Ученого совета  
 СТИ НИТУ «МИСИС»  
 от «20» июня 2023 г.  
 протокол № 5

## Рабочая программа дисциплины

# Теоретические основы физики и механики ОМД

Закреплена за кафедрой	<u><b>Кафедра металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой</b></u>
Направление подготовки	22.04.02 Металлургия
Профиль	Прогрессивные технологии прокатного производства
Квалификация	<u><b>Магистр</b></u>
Форма обучения	<u><b>Очная</b></u>
Общая трудоемкость	<b>6 ЗЕТ</b>

Часов по учебному плану	<u>216</u>
в том числе:	
аудиторные занятия	<u>34</u>
самостоятельная работа	<u>146</u>
часов на контроль	<u>36</u>

Формы контроля в семестрах:  
 экзамен 3

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	3		Итого	
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	146	146	146	146
Контроль	36	36	36	36
Итого	216	216	216	216

Год набора 2023 г.  
 В редакции 2023 г.

Программу составил:  
доцент, кандидат технических наук, доцент  
Скляр Виталий Александрович

*Должность, уч. ст., уч. зв. ФИО полностью*



*подпись*

Рабочая программа дисциплины

**Теоретические основы физики и механики ОМД**

*наименование*

Разработана в соответствии с ОС ВО НИТУ «МИСИС»:  
Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.04.02 Металлургия (приказ от 05.03.2020г. №95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана 2023 года набора:

22.04.02 - Металлургия,

Профиль: Прогрессивные технологии прокатного производства, утвержденного Ученым советом СТИ НИТУ «МИСИС» 20.06.2023 г., протокол № 5.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой

*наименование кафедры*

Протокол от «09» июня 2023 г. № 19/23.

Зав. кафедрой ММ им. С.П. Угаровой

*аббревиатура наименования кафедры*

«09» июня 2023 г.



*подпись*

А.А. Кожухов

*И.О. Фамилия*

Руководитель ОПОП ВО  
заведующий кафедрой ММ им. С.П. Угаровой,  
доктор технических наук, доцент

*должность, уч. ст., уч. зв.*

«09» июня 2023 г.



*подпись*

А. А. Кожухов

*И.О. Фамилия*

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

Цель дисциплины – приобретение студентами знаний и навыков в области теоретических основы физики и механики ОМД

Задачи дисциплины:

1. Сформировать понимание физической природы прочности металлов, способов повышения уровня механических свойств, и долговечности металлургической продукции в различных условиях ее эксплуатации.
2. Дать понятия о фундаментальных положениях механики деформируемого тела.
3. Сформировать умения и навыки решения краевых задач обработки металлов давлением, исследования формоизменения заготовки, анализа точности получаемых изделий.
4. Сформировать умения и навыки расчётов энергосиловых показателей технологического процесса, прогнозирования структуры, уровня механических свойств и эксплуатационных характеристик продукции.

## 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:	Б1.О
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Современные проблемы металлургии и материаловедения
2.1.2	Организация и математическое планирование эксперимента
2.1.3	Современное состояние и развитие прокатного производства
2.1.4	Расчет энергосиловых параметров деформации
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Научно-исследовательская работа 1,2,3
2.2.2	Производственная практика (преддипломная)
2.2.3	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты

## 3. ИНДИКАТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, СОВМЕЩЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**УК- 1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий**

Знать:	УК-1-31 кинематические, динамические и определяющие дифференциальные уравнения механики твердого деформируемого тела
Уметь:	УК-1-У1 анализировать процессы обработки металлов давлением
Владеть:	УК-1-В1 навыками решения тепловой задачи

**ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии**

Знать:	ОПК-1-31 модели накопления поврежденности металла и критерии микро- и макроразрушения
Уметь:	ОПК-1-У1 формулировать краевую задачу обработки металлов давлением для исследования технологического процесса
Владеть:	ОПК-1-В1 навыками решения краевой задачи обработки металлов давлением с помощью инженерного метода, метода линий скольжения, метода баланса работы (мощности) деформации, метода верхней оценки и метода конечных элементов

**ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы в условиях неопределенности и альтернативных решений в междисциплинарных областях**

Знать:	ОПК-2-31 модели процессов пластической деформации и разрушения металла в процессах обработки металлов давлением
Уметь:	ОПК-2-У1 анализировать результаты компьютерного и физического моделирования технологического процесса, применять оптимальные способы и методики поиска рациональной технологии
Владеть:	ОПК-2-В1 навыками компьютерного и физического моделирования технологического процесса

**ПК-1: Анализ и совершенствование металлургических процессов**

Знать:	ПК-1-31 физическую природу и механизмы процессов пластической деформации и разрушения металла в процессах обработки металлов давлением
Уметь:	ПК-1-У1 выполнять анализ процессов деформации в целях их совершенствования
Владеть:	ПК-1-В1 навыками совершенствования процессов ОМД

**ПК-2: Определение сферы применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ**

Знать:	ПК-2-З1 способы формирования структуры и фазового состава при пластической деформации и термообработке
Уметь:	ПК-2-У1 обрабатывать экспериментальную информацию, полученную при освоении нового технологического процесса
Владеть:	ПК-2-В1 навыками составления программы исследования и освоения инновационной технологии производства металлургической продукции.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр	Количество часов	Компетенции	Литература и электронные ресурсы	Примечание
	<b>Раздел 1 Напряженно-деформированное состояние металла</b>					
1.1	Физические основы пластической деформации и разрушения металлов /Лек/	3	2	ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -З1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
1.2	Усвоение лекционного материала /Ср/	3	5	ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -З1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
1.3	Подготовка к лабораторной работе /Ср/	3	5	ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -З1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
1.4	Основные законы пластической деформации /Лаб/	3	2	ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -З1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
1.5	Теория напряжений и деформаций /Лек/	3	4	ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -З1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
1.6	Усвоение лекционного материала /Ср/	3	3	ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -З1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
1.7	Подготовка к лабораторной работе /Ср/	3	3	ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -З1 ПК-1-У1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1	

				ПК-1-В1	Л 2.2 Л 2.3	
1.8	Анализ напряженно-деформированного состояния металла в процессе деформации /Лаб/	3	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
1.9	Подготовка к контрольным мероприятиям /Ср/	3	5	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
	<b>Раздел 2</b> <b>Уравнения механики сплошных сред</b>					
2.1	Основные уравнения механики /Лек/	3	2	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
2.2	Усвоение лекционного материала /Ср/	3	3	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
2.3	Подготовка к лабораторной работе /Ср/	3	3	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
2.4	Анализ процесса пластической деформации /Лаб/	3	4	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
2.5	Модели деформируемых тел /Лек/	3	4	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	

				ПК-2-У1 ПК-2-В1		
2.6	Усвоение лекционного материала /Ср/	3	3	УК-1-З1 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-З1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
2.7	Подготовка к лабораторной работе /Ср/	3	3	УК-1-З1 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-З1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
2.8	Моделирование процесса пластической деформации /Лаб/	3	2	УК-1-З1 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-З1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
2.9	Подготовка к контрольным мероприятиям /Ср/	3	5	УК-1-З1 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-З1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
	<b>Раздел 3 Методы исследования процессов ОМД</b>					
3.1	Методы решения краевых задач обработки металлов давлением /Лек/	3	2	УК-1-З1 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-З1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -З1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-З1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
3.2	Усвоение лекционного материала /Ср/	3	5	УК-1-З1 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-З1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	

				ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -З1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-З1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 2.3	
3.3	Подготовка к лабораторной работе /Ср/	3	5	УК-1-З1 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-З1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -З1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-З1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
3.4	Способы упрощения системы уравнений механики ОМД, примеры решения краевой задачи ОМД /Лаб/	3	2	УК-1-З1 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-З1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -З1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-З1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
3.5	Методологические основы конечно-элементного моделирования технологических процессов ОМД /Лек/	3	3	УК-1-З1 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-З1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-2-З1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -З1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-З1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
3.6	Усвоение лекционного материала /Ср/	3	7	УК-1-З1 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-З1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-2-З1 ОПК-2-У1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	

				ОПК-2-В1 ПК-1 -31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1		
3.7	Подготовка к лабораторной работе /Ср/	3	7	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
3.8	Расчет формоизменения и силовых параметров при осадке цилиндрических заготовок /Лаб/	3	3	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
3.9	Подготовка к контрольным мероприятиям /Ср/	3	5	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	
3.10	Контроль	3	36	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1 -31	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3	



				ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1		
--	--	--	--	---	--	--

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)

#### Раздел 1. Напряженно-деформированное состояние металла

1. Какие механизмы пластической деформации Вы знаете? (ОПК -2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1).
2. Какие дислокационные структуры формируются в процессе деформации и полигонизации? (ОПК -2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1).
3. Проиллюстрируйте механизм межзеренного течения металла на примере явления сверхпластичности? (ОПК -2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1).
4. В каких случаях деформации проявляется механизм двойникования? (ОПК -2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1).
5. Как изменяется плотность дислокации при холодной и горячей деформации? (ОПК -2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1).
6. Опишите механизм образования субзерен. (ОПК -2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1).
7. Какие особенности процессов полигонизации и рекристаллизации Вы знаете? (ОПК -2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1).
8. Что такое поврежденность металла? (ОПК -2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1).
9. Какие механизмы появления точечных, линейных, поверхностных и объемных дефектов кристаллической структуры Вы знаете? Какова энергетическая природа их появления или исчезновения? (ОПК -2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1).
10. Какие особенности структурного фактора, фазового состава и наличия неметаллических включений и примесей оказывают влияние на сопротивление деформации, упрочнение и пластичность сталей и сплавов? (ОПК -2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1).

#### Раздел 2. Уравнения механики сплошных сред

1. Что такое феноменологические модели в механике ОМД? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
2. Приведите примеры феноменологических моделей для деформируемого тела с вязкими, упруго-вязкими, жесткопластическими, упруго-пластическими и упруго-вязкопластическими свойствами. (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
3. Что такое модель бездефектного тела? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
4. Как Вы понимаете гипотезы о сплошности материала, однородности и изотропности механических и физических свойств? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
5. Тензорное представление о геометрии движения сплошной среды. (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
6. Каков физический смысл компонентов тензоров скорости деформации и скорости вращения? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
7. Что такое монотонная и знакопеременная деформации? Чем вызвана необходимость подобной классификации? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
8. Инвариантные характеристики деформации: интенсивность скорости деформации  $N$ , степень деформации сдвига  $\Lambda$  и показатель Лодэ  $\mu \xi$ . Приведите формулы для их расчета при линейных схемах сжатия и растяжения, при кручении образцов. (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
9. Понятие о напряжении, определение тензора напряжений, девиатора и шарового тензора.
10. Инвариантные характеристики напряжений: интенсивность касательных напряжений  $T$ , среднее нормальное напряжение  $\sigma$  и показатель Лодэ  $\mu \sigma$ . (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
11. Какое ограничение связано со значением интенсивности касательных напряжений при пластической деформации? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
12. Какие гипотезы и феноменологические модели положены в основу определяющих соотношений механики деформируемого тела? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).

13. Какие экспериментальные факты подтверждают, или опровергают гипотезы «единой кривой» и пропорциональности девиаторов напряжений и приращения деформаций? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).

### **Раздел 3. Методы исследования процессов ОМД**

1. Дайте формулировку краевой задачи механики обработки металлов давлением? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
2. Как можно сформулировать модель трения при решении краевой задачи обработки металлов давлением? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
3. Какие методы решения краевых задач Вы знаете? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
4. В чем суть инженерного метода решения задачи? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
5. Какие достоинства и недостатки инженерного метода решения краевых задач? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
6. Приведите основную систему уравнений в методе линий скольжения? Как формулируются граничные условия ? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
7. Приведите простейшие случаи определения сетки линий скольжения. (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
8. В чем физический смысл уравнений Генки? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
9. В чем физический смысл уравнений Гейрингер? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
10. Проиллюстрируйте на примере внедрения жесткого штампа в пластическое полупространство порядок решения краевой задачи методом линий скольжения. (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
11. В чем суть метода баланса работы (мощности) деформации? Приведите пример его использования. (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
12. Сформулируйте вариационные принципы для виртуальных полей скоростей и напряжений. (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
13. В чем суть методов верхней и нижней оценки? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
14. Приведите пример применения метода верхней и нижней оценки для решения краевой задачи ОМД. (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
15. В чем суть метода конечных элементов? (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
16. Назовите основополагающие идеи МКЭ-метода. (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
17. Порядок решения краевой задачи МКЭ-методом на примерах тестовых задач программы QFORM(УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).
18. Преимущества компьютерного моделирования технологического процесса обработки металлов давлением МКЭ-методом. (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).

### **5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине**

В семестре 3 по курсу предусмотрен экзамен. В семестре 3 предусмотрены:

- 1) Лабораторные работы.
- 2) Контрольная работа № 1 по разделу 1.
- 3) Контрольная работа № 2 по разделу 2.
- 4) Контрольная работа № 3 по разделу 3.
- 5) Домашнее задание
- 6) Экзамен.

**Лабораторные работы** (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).

Лабораторные работы выполняются в соответствии с требованиями методических указаний для проведения лабораторных работ. Лабораторный практикум содержит теоретический материал, алгоритм работы и контрольные вопросы необходимые для выполнения и защиты лабораторных работ.

**Контрольная работа №1** (ОПК -2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1).

Ответить на два теоретических вопроса по разделу 1.

**Контрольная работа №2**(УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).на два теоретических вопроса по разделу 2.

**Контрольная работа №3** (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).

Ответить на два теоретических вопроса по разделу 3.

**Домашнее задание** (УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-4-31, ОПК-4-У1, ОПК-4-В1, ПК-1 -31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-31, ПК-2-У1, ПК-2-В1).

Выполняется в виде реферата по теоретическому вопросу из каждого раздела.

Подробное описание оценочных материалов для аттестации обучающихся приведено в ФОМ.

### **5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)**

*Экзаменационный билет включает в себя 3 теоретических вопроса из установленного перечня Билеты хранятся на кафедре и утверждены ее заведующим.*

#### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Опишите механизм образования субзерен
2. Какое ограничение связано со значением интенсивности касательных напряжений при пластической деформации?
3. Назовите основополагающие идеи МКЭ-метода.

### **5.4. Методика оценки освоения дисциплины**

*Требования к оцениванию обучающегося на экзамене:*

*отлично:*

студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;

*хорошо:*

студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;

*удовлетворительно:*

студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

*неудовлетворительно:*

студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неправильные или неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

*Условия допуска к зачету с оценкой по дисциплине*

#### *1) Выполнение и защита лабораторных работ*

*Зачтено:* студент уверенно применяет на практике полученные знания, грамотно и логически стройно излагает материал, в отчете и при ответе умеет формулировать выводы из проделанных экспериментов с применением теоретических знаний, допускает незначительные ошибки.

*Не зачтено:* студент при лабораторных исследованиях не умеет применять полученные знания, допускает грубые ошибки в отчете и при ответе.

#### *2)Контрольная работа*

*Зачтено:* при выполнении контрольной работы студент показывает достаточный уровень знаний в объеме пройденной темы, объем правильных ответов составляет 60 % и выше.

*Не зачтено:* при выполнении контрольной работы студент показывает недостаточный уровень знаний в объеме пройденной темы, объем правильных ответов составляет менее 60 %.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1 Основная литература

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 1.1	А.Л. Воронцов.	Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением. Т.1	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	М. : Издательство МГТУ им. Баумана, 2014.
Л 1.2	А.Л. Воронцов.	Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением. Т.2	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	М. : Издательство МГТУ им. Баумана, 2014.
Л 1.3	А.И. Рудской, В.А. Лунев.	Теория и технология прокатного производства	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	СПб. : "Лань", 2016
Л 1.4	К.М. Иванов, Н.И. Нестеров, Д.В. Усманов и др.	Прикладная теория пластичности : учебное пособие	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека» ONLINE <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=124322">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=124322</a>	Санкт-Петербург : Политехника, 2011

#### 6.1.2 Дополнительная литература

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 2.1	Э.А. Гарбер, И.А. Кожевникова.	Теория прокатки	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	Старый Оскол : "ТНТ", 2015
Л 2.2	В.Н. Гадалов, В.Г. Сальников, Е.В. Агеев, Д.Н. Романенко	Металлография металлов, порошковых материалов и покрытий, полученных электроискровыми способами	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	М. : ИНФРА-М, 2018
Л 2.3	А.Г. Горшков, Э.И. Старовойтов, Д.В. Тарлаковский.	Теория упругости и пластичности	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека» ONLINE <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=76683">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=76683</a>	Москва : Физматлит, 2002

#### 6.1.3 Методические разработки

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 3.1				
Л 3.2				
Л 3.3				

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	
Э2	
Э3	

### 6.3. Перечень программного обеспечения

П 1	MS Windows
П 2	MS Office

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И 1	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И 2	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И 3	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И 4	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

7.1	<p><b>Учебная аудитория</b>  <b>Аудитория № 306</b>  Лаборатория моделирования металлургических процессов и информационных технологий  Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий:  комплект учебной мебели на 25 посадочных мест,  рабочая станция Core i3-4130 - 4 шт.,  рабочая станция HP Z420 - 8 шт.,  проектор для презентаций Acer X1111 DLP Projector QSV 1032.</p> <p><b>Аудитория № 47</b>  Сталеплавильная лаборатория  Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий:  стан прокатный лабораторный.</p>
7.2	<p><b>Помещение для самостоятельной работы обучающихся</b>  <b>Аудитория № 306</b>  Лаборатория моделирования металлургических процессов и информационных технологий  Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий:  комплект учебной мебели на 25 посадочных мест,  рабочая станция Core i3-4130 - 4 шт.,  рабочая станция HP Z420 - 8 шт.,  проектор для презентаций Acer X1111 DLP Projector QSV 1032.  В помещении для самостоятельной работы обучающихся имеется подключение к сети «Интернет» и доступ в электронную информационно-образовательную среду организации.</p>

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для успешного освоения дисциплины обучающемуся необходимо:

1. Посещать все виды занятий.
  2. Своевременно зарегистрироваться на рекомендованные электронные ресурсы.
  3. При возникновении любых вопросов по содержанию курса и организации работы своевременно обращаться к преподавателю (в часы очных консультаций, через MS Teams или LMS Canvas).
  4. Отчеты по практическим работам рекомендуется выполнять с использованием MS Office, допускается выполнять в рукописном виде.
  5. Активно работать с научными базами в сети Интернет.
- Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей аттестации.