



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
(А.С. Савинов

20.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ***

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Функциональные материалы и покрытия

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Технологий обработки материалов
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск  
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 04.12.2015 г. № 1427)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технологий обработки материалов

18.02.2020, протокол № 6

Зав. кафедрой  А.Б. Моллер

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

20.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ТОМ, канд. техн. наук

 И.Г.Шубин

Рецензент:

доцент кафедры ПиЭММиО, канд. техн. наук

 А.В. Анцупов

**Лист актуализации рабочей программы**

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от 08 сентября 2020 г. № 1  
Зав. кафедрой  А.Б. Моллер

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от \_\_\_\_\_ 202\_ г. № \_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от \_\_\_\_\_ 202\_ г. № \_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

- формирование базовых знаний по основным понятиям теории напряжений и деформации, по природным свойствам металлов и сплавов, особенностям и закономерностям их физического строения (структуры), условиям формообразования и изменения в процессе деформирования;

- развитие у студентов личностных качеств, а также формирование общекультурных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теория обработки металлов давлением входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Введение в направление

Введение в специальность

Основы металлургического производства

Математика

Физика

Механика материалов и основы конструирования

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Технология обработки металлов давлением

Оборудование цехов

Теория и технология покрытий

Процессы порошковой металлургии

Методы исследований материалов и процессов

Моделирование процессов и объектов в металлургии

Конструирование композиционных покрытий

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория обработки металлов давлением» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-4 готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач	
Знать	- теорию ОМД - практику применения теории ОМД - уровень инженерных задач в ОМД
Уметь	- применять теорию ОМД - сочетать теорию и практику ОМД - решать инженерные задачи ОМД
Владеть	- аппаратом теории ОМД - навыками применения теории ОМД на практике - навыками решения инженерных задач ОМД

ПК-3 готовностью использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методы решения задач теории ОМД</li> <li>- физико- математический аппарат используемый в теории ОМД</li> <li>- задачи решаемые в теории ОМД</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методы решения задач теории ОМД</li> <li>- применять физико-математический аппарат используемый в теории ОМД</li> <li>- обосновать выбор задач решаемых в теории ОМД</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками применения методов решения задач теории ОМД</li> <li>- навыками применения физико-математическим аппаратом используемым в теории ОМД</li> <li>- навыками выбора задач решаемых в теории ОМД</li> </ul>

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 89 акад. часов:
- аудиторная – 85 акад. часов;
- внеаудиторная – 4 акад. часов
- самостоятельная работа – 19,3 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1								
1.1 Теория напряжений и деформаций в обработке металлов давлением (ОМД). Неравномерность	5	6	4	2/ИИ	3	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос – беседа по литературным источникам	ОПК-4, ПК-3
Итого по разделу		6	4	2/ИИ	3			
2. Раздел 2								
2.1 Физические основы пластической деформации	5	4	4/2ИИ	2	2	Подготовка к лабораторной работе	Устный опрос – беседа по литературным источникам	ОПК-4, ПК-3
Итого по разделу		4	4/2ИИ	2	2			
3. Раздел 3								
3.1 Холодная и горячая деформация	5	4	4/2ИИ	2/ИИ	3	Подготовка к лабораторной работе	Устный опрос – беседа по литературным источникам	ОПК-4, ПК-3
Итого по разделу		4	4/2ИИ	2/ИИ	3			
4. Раздел 4								
4.1 Текстура и анизотропия свойств металлов и сплавов в результате пластической деформации	5	4	4	2/ИИ	2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос – беседа по литературным источникам	ОПК-4, ПК-3
Итого по разделу		4	4	2/ИИ	2			
5. Раздел 5								
5.1 Формирование физических и механических свойств металлов и сплавов в процессах ОМД	5	4	4/4ИИ	2/ИИ	3	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос – беседа по литературным источникам	ОПК-4, ПК-3
Итого по разделу		4	4/4ИИ	2/ИИ	3			

6. Раздел 6								
6.1 Понятия скорости в теории ОМД. Сопротивление металлов и сплавов деформации	5	4	4/2И	2	2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос – беседа по литературным источникам	ОПК-4, ПК-3
Итого по разделу		4	4/2И	2	2			
7. Раздел 7								
7.1 Основные законы теории ОМД	5	4	6/2И	3/2И	3	Подготовка к лабораторной работе	Устный опрос – беседа по литературным источникам	ОПК-4, ПК-3
Итого по разделу		4	6/2И	3/2И	3			
8. Раздел 8								
8.1 Трение в процессах ОМД	5	4	4/2И	2	1,3	Подготовка к лабораторной работе	Устный опрос – беседа по литературным источникам	ОПК-4, ПК-3
Итого по разделу		4	4/2И	2	1,3			
Итого за семестр		34	34/14И	17/6И	19,3		экзамен	
Итого по дисциплине		34	34/14И	17/6И	19,3		экзамен	ОПК-4,ПК-3

## **5 Образовательные технологии**

Для усвоения студентами знаний по дисциплине «Теория обработки металлов давлением» применяются традиционная и компетентностно-модульная технологии обучения, включающие в себя объяснения преподавателя на лекциях, самостоятельную работу с учебной и справочной литературой по дисциплине, выполнение лабораторных работ по методическим указаниям, подготовка к практическим занятиям и т.п.

В качестве интерактивных методов обучения используются:

- опережающая самостоятельная работа и работа в команде при выполнении лабораторных работ;

- проблемное обучение при поиске информационных источников, подготовка, расчет, написание и оформление курсовой работы по полученным индивидуальным заданиям.

Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе подготовки к практическим работам и выполнении домашних заданий.

В ходе занятий предполагается использование комплекса инновационных методов интерактивного обучения студентов, включающего в себя:

- создание проблемных ситуаций с показательным решением проблемы преподавателем;

- самостоятельную поисковую деятельность в решении учебных проблем, направляемую преподавателем;

- самостоятельное решение проблем студентами под контролем преподавателя;

- проблемное обучение – стимулирование студентов к самостоятельной «добыче» знаний, необходимых для решения конкретной проблемы;

- контекстное обучение – мотивация студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением;

- обучение на основе опыта – активизация познавательной деятельности студентов за счет ассоциации их собственного опыта с предметом изучения;

- индивидуальное обучение – выстраивание студентами собственных образовательных траекторий на основе формирования индивидуальных учебных планов и про-грамм с учетом интересов и предпочтений студентов;

- междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте конкретной решаемой задачи;

- опережающая самостоятельная работа – изучение студентами нового материала до его изложения преподавателем на лекции и других аудиторных занятиях.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Дорогобид, В. Г. Теоретические основы обработки металлов давлением : учебное пособие / В. Г. Дорогобид, А. Г. Корчунов, К. Г. Пивоварова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1415.pdf&show=dcatalogues/1/1123930/1415.pdf&view=true> . - Макрообъект. - Текст : электрон-ный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Загиров, Н.Н. Теория обработки металлов давлением : учеб. пособие / Н.Н. Загиров, С.Б. Сидельников, Е.В. Иванов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2018. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-3894-7. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/1032175>

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Дорогобид, В. Г. Механика сплошной среды : учебное пособие. Ч. 1 / В. Г. Дорогобид, К. Г. Пивоварова. - 2-е изд., испр. и доп. - Магнитогорск : МГТУ, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=990.pdf&show=dcatalogues/1/1119155/990.pdf&view=true> . - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Дорогобид, В. Г. Механика сплошной среды : учебное пособие. Ч. 2. / В. Г. Дорогобид, М. И. Румянцев, К. И. Пивоварова. - 2-е изд., испр. и доп. - Магнитогорск : МГТУ, 2012. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=991.pdf&show=dcatalogues/1/1119156/991.pdf&view=true> . - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Панов, В.С. Теоретические основы прочности спеченных твердых сплавов : учебное пособие / В.С. Панов. — Москва : МИСИС, 2011. — 83 с. — ISBN 978-5-87623-399-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2070> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Основы технологических процессов обработки металлов давлением : учебник / И.Л. Константинов, С.Б. Сидельников. — 2-е изд., стереотип. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 487 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/14048](http://www.dx.doi.org/10.12737/14048). - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/914488> .

#### **Периодические издания**

1. Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова

2. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета «Машиностроение, материаловедение»

3. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Металлургия»

4. Вопросы материаловедения

5. Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии

6. Заготовительные производства в машиностроении (кузнечно-прессовое, литейное и другие производства)

7. Известия Тульского государственного университета. Технические науки

8. Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии

9. Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением

10. Литейное производство

11. Машиностроение и инженерное образование

12. Металлообработка

13. Наука и образование

14. Научные технологии

15. Научные технологии в машиностроении

16. Обработка металлов (технология • оборудование • инструменты)

17. Перспективные материалы

## 18. Перспективы науки

19. Письма о материалах
20. Ползуновский вестник
21. Проблемы черной металлургии и материаловедения
22. Производство проката
23. Современные наукоемкие технологии
24. Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение
25. Технология машиностроения
26. Фундаментальные исследования
27. Фундаментальные проблемы современного материаловедения

Издания, входящие в международные реферативные базы данных и системы цитирования

1. Вопросы материаловедения
2. Деформация и разрушение материалов
3. Заводская лаборатория. Диагностика материалов
4. Заготовительные производства в машиностроении
5. Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия
6. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия
7. Материаловедение
8. Металловедение и термическая обработка металлов
9. Перспективные материалы
10. Сталь
11. Технология машиностроения
12. Технология металлов
13. Физика и химия обработки материалов
14. Физика металлов и металловедение
15. Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации
16. Черные металлы

### в) Методические указания:

1. Исследование и расчет напряженного состояния: Метод. указ. / Дорогобид В.Г. – Магнитогорск: МГТУ, 2007 - 45 с.
2. Исследование напряженно-деформированного состояния толстостенной трубы по теории упругопластических деформаций: Метод. указ. / Дорогобид В.Г. – Магнитогорск: МГТУ, 2006. – 33 с.
3. Исследование процессов пластической деформации при растяжении: Метод. указ. / Харитонов В.А., Иванцов А.Б., Мустафина В.Г., Головизнин С.М. - Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. – 44 с.
4. Определение механических свойств металла и построение кривых упрочнения по диаграмме растяжения: Метод. указ. / Дорогобид В.Г. – Магнитогорск: МГТУ, 2008. - 50 с.

### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

#### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
-----------------	------------	------------------------

MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Оснащение: Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления учебной информации. Специализированная мебель.

Учебная аудитория для проведения практических занятий. Оснащение: Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления учебной информации. Специализированная мебель.

Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий.

Лаборатория механических испытаний. Лабораторное оборудование: Машины универсальные испытательные на растяжение, сжатие, скручивание; Мерительный инструмент; Приборы для измерения твердости по методам Бринелля и Роквелла; Копер; Микротвердомер. Специализированная мебель.

Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий.

Лаборатория прокатки и волочения. Лабораторное оборудование: Волоочильный стан; Прокатный стан; Камерная печь СНО; Действующая модель сортопрокатного стана; Мерительный инструмент. Специализированная мебель.

Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий.

Лаборатория метизных изделий. Лабораторное оборудование: Вертикальный сверлильный станок; Автомат гайконарезной; Автомат проволоочно-гвоздильный; Автомат холодновысадочный; Пресс кривошипный; Ротационно-ковочная машина; Волоочильный стан; Машины острильные. Специализированная мебель.

Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий.

Лаборатория металлографии. Лабораторное оборудование: Микроскопы МИМ-6, МИМ-7; Станки полировальные; Станки шлифовальные.

Специализированная мебель.

Учебная аудитория для выполнения курсовых проектов (работ). Оснащение: Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Специализированная мебель.

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Специализированная мебель.

Помещение для самостоятельной работы. Оснащение: Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Специализированная мебель.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оснащение: Специализированная мебель.

Оборудование, инструменты лабораторий механических испытаний, прокатки и волочения, метизных изделий и металлографии:

Стеллажи, штангенциркули, микрометры, линейки, тиски, слесарный инструмент.

## Приложение 1

### 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Теория обработки металлов давлением» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа студентов предполагает подготовку к устным опросам – беседам по литературным источникам и индивидуальным заданиям по различным расчётам на практических занятиях.

#### Примерный перечень вопросов для устных опросов – бесед по темам

- Теория напряжений и деформаций в обработке металлов давлением. Неравномерность деформации;
- Физические основы пластической деформации;
- Холодная и горячая деформация;
- Текстура и анизотропия свойств металлов и сплавов в результате пластической деформации;
- Формирование физических и механических свойств металлов и сплавов в процессах ОМД;
- Понятия скорости в теории ОМД. Сопротивление металлов и сплавов деформации;
- Основные законы теории ОМД;
- Трение в процессах ОМД;
  1. Метод совместного решения дифференциальных уравнений равновесия и условия пластичности (сущность метода, исходные уравнения).
  2. Решение задачи Прандтля (исходные уравнения, граничные условия, поля напряжений, эпюры напряжений).
  3. Среднее давление на контактной поверхности в задаче Прандтля. Факторы, влияющие на среднее давление в процессах ОМД.
  4. Плоская осадка прямоугольной полосы (исходные уравнения, граничные условия, законы трения, основное дифференциальное уравнение).
  5. Решение основного дифференциального уравнения для зоны скольжения. Протяженность зоны скольжения.
  6. Решение основного дифференциального уравнения для зоны торможения. Протяженность зоны торможения.
  7. Решение основного дифференциального уравнения для зоны прилипания. Протяженность зоны прилипания.
  8. Условия существования трех зон на контактной поверхности. Условия существования двух зон и одной зоны прилипания.
  9. Эпюра контактного давления при плоской осадке прямоугольной полосы.
  10. Среднее давление на контактной поверхности при плоской осадке прямоугольной полосы и влияние на него различных факторов.
  11. Сущность метода линий скольжения. Исходные уравнения. Дифференциальные уравнения линий скольжения. Сетки линий скольжения.
  12. Выражение компонент тензора напряжений  $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$ ,  $\sigma_{xy}$  через среднее напряжение  $\sigma$  и угол  $\theta = \angle(x, S_1)$ .
  13. Интегралы линий скольжения. Изменение среднего напряжения вдоль линий скольжения.
  14. Свойства линий скольжения.
  15. Решение задачи о вдавливании плоского штампа в пластическое полупространство.
  16. Линии скольжения в толстостенной трубе.
  17. Линии скольжения в задаче Прандтля.
  18. Сущность метода характеристик. Характеристики дифференциальных уравнений равновесия.
  19. Решение начальной характеристической задачи Римани.

20. Задача о волочении полосы. Постановка задачи. Допущения.
21. Сетка линий скольжения (характеристик) в задаче о волочении полосы.
22. Расчет полей напряжений в задаче о волочении полосы.
23. Связь поля скоростей с полем линий скольжения. Уравнения Гейренгер.
24. Решение начальной характеристической задачи для скоростей.
25. Поле скоростей при волочении полосы. Кинематические граничные условия.
26. Сущность метода работ. Закон сохранения механической энергии.
27. Решение методом работ задачи о плоской осадке прямоугольной полосы.
28. Мощность сил среза. Решение задачи о кузнечной вытяжке полосы. Влияние различных факторов на среднее контактное давление.
29. Сущность процесса волочения. Показатели деформации. Параметры очага деформации. Разновидности процесса волочения.
30. Дифференциальное уравнение волочения.
31. Сила и напряжение волочения, влияние на них различных факторов.
32. Давление на контактной поверхности при волочении, влияние различных факторов.
33. Элементы продольного профиля волокна. Влияние продольного профиля волокна на силу и напряжение волочения.
34. Наибольшая возможная вытяжка при волочении, влияние на нее различных факторов.
35. Сущность процесса прокатки. Виды процесса прокатки.
36. Характеристики деформации при прокатке.
37. Характерные зоны прокатываемой полосы.
38. Геометрические параметры очага деформации при прокатке.
39. опережение при прокатке. Выражение опережения через нейтральный угол.
40. Вывод формулы Павлова (соотношение между углом захвата, углом трения и нейтральным углом).
41. Уширение при прокатке.
42. Неравномерность деформации при прокатке.
43. Дифференциальные уравнения прокатки Т. Кармана.
44. Интегрирование дифференциального уравнения прокатки для зон отставания и опережения.
45. Эпюра контактного давления при прокатке. Среднее давление на контактной поверхности. Учет сплющивания волок.
46. Момент, работа и мощность прокатки.

Примерные индивидуальные задания (ИЗ):

- по расчёту формоизменения и энергосиловых параметров при ОМД;
- по расчёту формоизменения при продольной прокатке на гладкой бочке;
- по расчёту формоизменения при прокатке в калибрах;

1. Толщина заготовки до прокатки  $h_0 = 90$  мм, коэффициент вытяжки за проход  $l = 1,47$ . Прокатка ведется без уширения. Определить толщину заготовки после прокатки  $h_1$ .

2. Толщина заготовки до прокатки  $h_0 = 140$  мм, обжатие  $\Delta h = 36$  мм, ширина заготовки  $b_0 = 700$  мм, уширение  $\Delta b = 9$  мм, длина заготовки до прокатки  $l_0 = 1500$  мм. Определить коэффициенты осадки  $h$ , уширения  $b$ , вытяжки  $l$  и длину полосы после прокатки  $l_1$ .

3. Размеры полосы до прокатки  $h_0 = 10$  мм, ширина  $b_0 = 640$  мм, длина  $l_0 = 4000$  мм, после прохода толщина полосы изменилась на 2 мм, т.е.  $\Delta h = 2$  мм, ширина осталась прежняя. Определить длину полосы после прокатки  $l_0$ .

4. Толщина ленты до прокатки  $h_0 = 2$  мм, после прокатки  $h_1 = 1,5$  мм, ширина не изменилась. Определить относительное обжатие  $\epsilon$  и коэффициент вытяжки  $l$ .

5. Относительное обжатие за проход составляет  $\epsilon = 37\%$ , толщина полосы после прохода  $h_1 = 43$  мм. Определить абсолютное обжатие за проход  $\Delta h$  и коэффициент вытяжки  $l$ .

## Приложение 2

### 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

#### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОПК-4: готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- теорию ОМД</li> <li>- практику применения теории ОМД</li> <li>- уровень инженерных задач в ОМД</li> </ul>	<p><b><i>Перечень теоретических вопросов для устных опросов – бесед по темам:</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод совместного решения дифференциальных уравнений равновесия и условия пластичности (сущность метода, исходные уравнения).</li> <li>2. Решение задачи Прандтля (исходные уравнения, граничные условия, поля напряжений, эпюры напряжений).</li> <li>3. Среднее давление на контактной поверхности в задаче Прандтля. Факторы, влияющие на среднее давление в процессах ОМД.</li> <li>4. Плоская осадка прямоугольной полосы (исходные уравнения, граничные условия, законы трения, основное дифференциальное уравнение).</li> <li>5. Решение основного дифференциального уравнения для зоны скольжения. Протяженность зоны скольжения.</li> <li>6. Решение основного дифференциального уравнения для зоны торможения. Протяженность зоны торможения.</li> <li>7. Решение основного дифференциального уравнения для зоны прилипания. Протяженность зоны прилипания.</li> <li>8. Условия существования трех зон на контактной поверхности. Условия существования двух зон и одной зоны прилипания.</li> <li>9. Эпюра контактного давления при плоской осадке прямоугольной полосы.</li> <li>10. Среднее давление на контактной поверхности при плоской осадке прямоугольной полосы и влияние на него различных факторов.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<ol style="list-style-type: none"> <li>11. Сущность метода линий скольжения. Исходные уравнения. Дифференциальные уравнения линий скольжения. Сетки линий скольжения.</li> <li>12. Выражение компонент тензора напряжений <math>\sigma_{xx}</math>, <math>\sigma_{yy}</math>, <math>\sigma_{xy}</math> через среднее напряжение <math>\sigma</math> и угол <math>\theta = \angle(x, S_1)</math>.</li> <li>13. Интегралы линий скольжения. Изменение среднего напряжения вдоль линий скольжения.</li> <li>14. Свойства линий скольжения.</li> <li>15. Решение задачи о вдавливании плоского штампа в пластическое полупространство.</li> <li>16. Линии скольжения в толстостенной трубе.</li> <li>17. Линии скольжения в задаче Прандтля.</li> <li>18. Сущность метода характеристик. Характеристики дифференциальных уравнений равновесия.</li> <li>19. Решение начальной характеристической задачи Римани.</li> <li>20. Задача о волочении полосы. Постановка задачи. Допущения.</li> <li>21. Сетка линий скольжения (характеристик) в задаче о волочении полосы.</li> <li>22. Расчет полей напряжений в задаче о волочении полосы.</li> <li>23. Связь поля скоростей с полем линий скольжения. Уравнения Гейренгер.</li> <li>24. Решение начальной характеристической задачи для скоростей.</li> <li>25. Поле скоростей при волочении полосы. Кинематические граничные условия.</li> <li>26. Сущность метода работ. Закон сохранения механической энергии.</li> <li>27. Решение методом работ задачи о плоской осадке прямоугольной полосы.</li> <li>28. Мощность сил среза. Решение задачи о кузнечной вытяжке полосы. Влияние различных факторов на среднее контактное давление.</li> <li>29. Сущность процесса волочения. Показатели деформации. Параметры очага деформации. Разновидности процесса волочения.</li> <li>30. Дифференциальное уравнение волочения.</li> <li>31. Сила и напряжение волочения, влияние на них различных факторов.</li> <li>32. Давление на контактной поверхности при волочении, влияние различных факторов.</li> <li>33. Элементы продольного профиля волокна. Влияние продольного профиля волокна на силу и напряжение волочения.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>34. Наибольшая возможная вытяжка при волочении, влияние на нее различных факторов.</p> <p>35. Сущность процесса прокатки Виды процесса прокатки.</p> <p>36. Характеристики деформации при прокатке.</p> <p>37. Характерные зоны прокатываемой полосы.</p> <p>38. Геометрические параметры очага деформации при прокатке.</p> <p>39. опережение при прокатке. Выражение опережения через нейтральный угол.</p> <p>40. Вывод формулы Павлова (соотношение между углом захвата, углом трения и нейтральным углом).</p> <p>41. Уширение при прокатке.</p> <p>42. Неравномерность деформации при прокатке.</p> <p>43. Дифференциальные уравнения прокатки Т. Кармана.</p> <p>44. Интегрирование дифференциального уравнения прокатки для зон отставания и опережения.</p> <p>45. Эпюра контактного давления при прокатке. Среднее давление на контактной поверхности. Учет сплющивания волок.</p> <p>Момент, работа и мощность прокатки.</p>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять теорию ОМД</li> <li>- сочетать теорию и практику ОМД</li> <li>- решать инженерные задачи ОМД</li> </ul>	<p><b>Примерные практические индивидуальные задания:</b></p> <p>1. Площадь поперечного сечения полосы перед прокаткой <math>F_0 = 96000 \text{ мм}^2</math>, толщина <math>h_0 = 160 \text{ мм}</math>, относительное обжатие за проход <math>\epsilon = 42\%</math>, ширина после прохода <math>b_1 = 615 \text{ мм}</math>. Определить толщину полосы после прокатки <math>h_1</math> и ширину полосы до прокатки <math>b_0</math>.</p> <p>2. При горячей прокатке с уширением коэффициент вытяжки <math>l = 1,5</math>, толщина полосы после горячей прокатки <math>h_1 = 18 \text{ мм}</math>, площадь поперечного сечения после прокатки <math>F_1 = 12600 \text{ мм}^2</math>. Определить толщину полосы до прокатки <math>h_0</math>, если ширина ее до прокатки <math>b_0 = 695 \text{ мм}</math>.</p> <p>3. Коэффициент вытяжки за проход <math>l = 1,58</math>; толщина листа после прохода <math>h_1 = 3 \text{ мм}</math>, уширение <math>\Delta b</math> равно нулю. Определить толщину листа до прохода <math>h_0</math> и относительное обжатие <math>\epsilon</math>.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- аппаратом теории ОМД</li> <li>- навыками применения теории ОМД на практике</li> <li>- навыками решения инженерных задач ОМД</li> </ul>	<p><b>Примерный перечень тем для устных опросов-бесед:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Законы обработки металлов давлением;</li> <li>- Подходы к решению инженерных задач ОМД;</li> <li>- Область применения законов ОМД.</li> </ul>
<b>ПК-3: готовностью использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методы решения задач теории ОМД</li> <li>- физико- математический аппарат используемый в теории ОМД</li> <li>- задачи решаемые в теории ОМД</li> </ul>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Механизм упругой деформации.</li> <li>2. Механизм пластической деформации путем скольжения.</li> <li>3. Закон критического скалывающего напряжения Шмида.</li> <li>4. Геометрическое упрочнение монокристалла.</li> <li>5. Механизм пластической деформации путем двойникования.</li> <li>6. Теоретическая прочность монокристалла.</li> <li>7. Дислокационный механизм пластической деформации.</li> <li>8. Межкристаллитная и внутрикристаллитная деформация.</li> <li>9. Предел текучести и его физический смысл.</li> <li>10. Полосчатость структуры и текстура деформации.</li> <li>11. Деформация в пределах площадки текучести.</li> <li>12. Физическая сущность образования линий текучести.</li> <li>13. Сопротивление металла пластической деформации.</li> <li>14. Показатели пластичности металла.</li> <li>15. Наклеп металла при холодной пластической деформации.</li> <li>16. Изменение физических и химических свойств металла при холодной пластической деформации.</li> <li>17. Фазовые превращения при холодной пластической деформации.</li> <li>18. Механизм появления остаточных микронапряжений при холодной пластической деформации.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>19. Сопротивление металла деформации при холодной прокатке.</p> <p>20. Влияние напряженного состояния на пластичность металла.</p> <p>21. Диаграмма пластичности.</p> <p>22. Разрушение металла в результате холодной пластической деформации.</p> <p>23. Критерий хрупкого разрушения Гриффитса.</p> <p>24. Разрушение в технологических операциях.</p> <p>25. Способы повышения прочности и пластичности металла.</p> <p>26. Механизм пластической деформации при высоких температурах.</p> <p>27. Влияние температуры на прочность и пластичность металла.</p> <p>28. Возврат и рекристаллизация.</p> <p>29. Образование текстуры рекристаллизации.</p> <p>30. Виды ОМД в зависимости от температуры.</p> <p>31. Влияние горячей обработки давлением на свойства металла.</p> <p>32. Сверхпластичность.</p> <p>33. Влияние скорости деформации при холодной пластической деформации.</p> <p>34. Влияние скорости деформации при горячей пластической деформации.</p> <p>35. Метод термомеханических коэффициентов.</p> <p>36. Сопротивление деформации при горячей прокатке.</p> <p>37. Основные закономерности обработки металлов давлением.</p> <p>38. Сущность вариационных методов решения задач ОМД.</p> <p>39. Основные положения вариационного исчисления.</p> <p>40. Решение задачи о брахистохроне.</p> <p>41. Прямые методы решения вариационных задач, метод Ритца.</p> <p>42. Кинематически возможные перемещения.</p> <p>43. Принцип минимума полной энергии Лагранжа, вариационные уравнения для жестко-пластической среды.</p>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методы решения задач теории ОМД</li> <li>- применять физико-математический аппарат используемый в теории ОМД</li> <li>- обосновать выбор задач решаемых в</li> </ul>	<p><b>Примерные практические задания для экзамена:</b></p> <p>1. Площадь поперечного сечения полосы перед прокаткой <math>F_0 = 96000 \text{ мм}^2</math>, толщина <math>h_0 = 160 \text{ мм}</math>, относительное обжатие за проход <math>\epsilon = 42\%</math>, ширина после прохода <math>b_1 = 615 \text{ мм}</math>.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	теории ОМД	<p>Определить толщину полосы после прокатки <math>h_1</math> и ширину полосы до прокатки <math>b_0</math>.</p> <p>2. При горячей прокатке с уширением коэффициент вытяжки <math>l = 1,5</math>, толщина полосы после горячей прокатки <math>h_1 = 18</math> мм, площадь поперечного сечения после прокатки <math>F_1 = 12600</math> мм<sup>2</sup>. Определить толщину полосы до прокатки <math>h_0</math>, если ширина ее до прокатки <math>b_0 = 695</math> мм.</p> <p>3. Коэффициент вытяжки за проход <math>l = 1,58</math>; толщина листа после прохода <math>h_1 = 3</math> мм, уширение <math>Db</math> равно нулю. Определить толщину листа до прохода <math>h_0</math> и относительное обжатие <math>e</math>.</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками применения методов решения задач теории ОМД</li> <li>- навыками применения физико-математическим аппаратом используемым в теории ОМД</li> <li>- навыками выбора задач решаемых в теории ОМД</li> </ul>	<p><b>Примерный перечень тем курсовых работ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Определение механических свойств металла методом испытания на растяжение.</li> <li>- Определение механических свойств металла методом испытания на сжатие</li> <li>- Расчет контактных напряжений при осадке..</li> </ul> <p><b>Пример задания по теме курсовой работы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Стальной пруток диаметром 10 мм при растяжении получил остаточную деформацию 0,2 % при нагрузке 2000 н. Определить предел теку чести материала и марку стали.</li> <li>- Прямоугольная призма 20x20x30 мм из стали 10 подвергалась осадке на 10 мм при коэффициенте трения 0,2. Определить контактные напряжения.</li> </ul>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

*Промежуточная аттестация по дисциплине «Технология ОМД» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена и в форме выполнения и защиты курсовой работы.*

*Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.*

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

*Курсовая работа выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Математическая логика и теория алгоритмов». При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.*

*В процессе написания курсовой работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.*

**Показатели и критерии оценивания курсовой работы:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.