



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ  
ДАВЛЕНИЕМ (ЧАСТЬ2)***

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Технологии производства и обработки черных металлов и сплавов

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Обработки материалов давлением им. М.И. Бояршинова
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск  
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Обработки материалов давлением им. М.И. Бояршинова  
21.01.2026, протокол № 6

Зав. кафедрой  А.Б. Моллер

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
05.02.2026 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Согласовано:

Зав. кафедрой Metallургии и химических технологий

 А.С. Харченко

Рабочая программа составлена:  
профессор кафедры ОМД им. М.И. Бояршинова, д-р техн. наук  
 М.И. Румянцев

Рецензент:

профессор кафедры ЛПИМ, д-р техн. наук

А.Н.

 Завалищин

## Лист актуализации рабочей программы

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Обработки материалов давлением им. М.И.

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Обработки материалов давлением им. М.И.

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Обработки материалов давлением им. М.И.

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Обработки материалов давлением им. М.И.

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

## 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Теория обработки металлов давлением» являются:

- развитие у студентов личностных качеств, а также формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy;
- обучение студентов теоретическим основам рационального построения, анализа технологической последовательности взаимодействия пластически обрабатываемого тела и инструмента в основных процессах обработки металлов давлением (ОМД);
- формирование у студентов основ знаний закономерностей и явлений, сопровождающих процессы ОМД;
- усвоение студентами гипотез, законов, теорий для определения напряженно-деформированного состояния, кинематических и силовых характеристик процессов ОМД;
- обретение навыков и умения на основе полученных знаний описывать и анализировать напряженно-деформированное состояние, кинематические и силовые характеристики в различных технологических процессах ОМД.

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

Дисциплина Теория и практика процессов обработки металлов давлением (часть2) входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Математика

Материаловедение

Физика

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

Учебная - научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)

Моделирование процессов и объектов в металлургии

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Технологии производства листового проката

Технология производства гнутых профилей

Новые технологические решения в процессах обработки металлов давлением

Системы управления технологическими процессами обработки металлов давлением

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория и практика процессов обработки металлов давлением (часть2)» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен выполнять технологические операции по получению металлургической продукции, ее дальнейшей обработке
ПК-1.1	Осуществляет технологические операции по получению металлургической продукции, ее дальнейшей обработке

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 60,7 акад. часов;
- аудиторная – 56 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,7 акад. часов;
- самостоятельная работа – 83,6 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен, курсовая работа

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. Теория и практика технологических процессов ОМД								
1.1 Способы и технологические процессы обработки металлов давлением	6	2			8,2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос – беседа по литературным источникам	ПК-1.1
1.2 Очаг деформации и захват металла валками при продольной прокатке		4	2	4	4,1	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к лабораторно-практическому занятию, выполнение практических работ (решение задач)	контрольные работы №1,2, 3 комплексная лабораторная работа	ПК-1.1
1.3 Закономерности течения и напряженно-деформированное состояние металла при продольной прокатке		4	4	2	10	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к лабораторно-практическому занятию, выполнение практических работ (решение задач)	контрольные работы №4, 5, 6 комплексная лабораторная работа	ПК-1.1

1.4 Контактные напряжения и среднее контактное давление при прокатке		4	6		6,5	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к лабораторно-практическому занятию, выполнение компьютерного исследования влияния условий прокатки на контактные напряжения и среднее контактное давление	Проверка индивидуального задания по компьютерному исследованию влияния условий прокатки на контактные напряжения и среднее контактное давление комплексная лабораторная работа	ПК-1.1
1.5 Энергосиловые параметры прокатки		6	2	4	12	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к лабораторно-практическому занятию, выполнение практических работ (решение задач)	контрольные работы №8, 9, 10, 11 комплексная лабораторная работа	ПК-1.1
1.6 Закономерности течения и напряженно-деформированное состояние при волочении	6	2			10	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос – беседа по литературным источникам	ПК-1.1
1.7 Силовые условия и факторы, влияющие на процесс волочения		2		2	12,8	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических работ (решение задач)	Контрольная работа № 12	
1.8 Закономерности течения и напряженно-деформированное состояние металла при прессовании		2			10	самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Устный опрос – беседа по литературным источникам	

1.9 Силовые условия и факторы, влияющие на процесс прессования		2		2	10	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к лабораторно-практическому занятию, выполнение практических работ (решение задач)	Контрольная работа № 13	
1.10 Экзамен	6							
Итого по разделу		28	14	14	83,6			
Итого за семестр		28	14	14	83,6		экзамен, кр	
Итого по дисциплине		28	14	14	83,6		экзамен, курсовая работа	

## 5 Образовательные технологии

С целью реализации компетентного подхода, а также формирования и развития профессиональных навыков обучающихся реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- формирование и развитие профессиональных навыков обучающихся на практических занятиях.

В изложении лекционного материала и при проведении практических занятий предполагается переход от репродуктивных методов обучения к частично-поисковым и исследовательским методам, развивающим логическое, теоретическое мышление, умение аргументировать и отстаивать собственное понимание вопроса. С этой целью возможно использование методов эвристических вопросов и брэйнсторминга (мозговой атаки).

Самостоятельная работа студентов должна быть направлена на закрепление теоретического материала, изложенного преподавателем, на проработку тем, отведенных на самостоятельное изучение, на подготовку к лабораторным занятиям, подготовку к итоговой аттестации.

В ходе занятий предполагается использование комплекса инновационных методов активного 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;
- использование технологии проектного обучения с организацией образовательного процесса в соответствии с алгоритмом поэтапного решения проблемной задачи.

Реализация инновационных методов обучения возможна с использованием следующих приемов:

- инструктаж студентов по составлению таблиц, схем, графиков с проведением последующего их анализа;
- применение рекомендаций по составлению тезисов и конспектов по прочитанному материалу;
- раскрытие преподавателем причин и характера неудач, встречающихся при решении проблем;
- демонстрация альтернативных подходов к решению конкретной проблемы;
- анализ полученных результатов и отыскание границ их применимости;
- использование заданий для самостоятельной работы с избыточными данными.

Кроме того, в процессе обучения лекции проходят как в традиционной форме, так и в форме лекций-консультаций, где теоретический материал заранее выдается студентам для самостоятельного изучения, для подготовки вопросов лектору. Таким образом, лекция проходит по типу вопросы-ответы-дискуссия.

Используются также информационно-коммуникационные образовательные технологии, такие как лекция-визуализация. В ходе этой лекции изложение содержания сопровождается презентацией.

Лекционный материал закрепляется в ходе практических или лабораторных работ, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме. При проведении таких занятий используется метод контекстного

обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением.

В качестве интерактивных методов используется учебная дискуссия, представляющая собой беседу, в ходе которой происходит обмен взглядами по конкретной проблеме. Данный метод используется при собеседованиях по обсуждению итогов выполнения лабораторных работ.

Так же используется семинар-дискуссия по заранее подготовленным темам.

Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе выполнения контрольной работы, в процессе подготовки к лабораторным работам и итоговой аттестации.

## **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**

### **а) Основная литература:**

1. Каргин, В. Р. Теория обработки металлов давлением : учебное пособие / В. Р. Каргин. — Самара : Самарский университет, 2019. — 112 с. — ISBN 978-5-7883-1458-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/148619> (дата обращения: 16.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Румянцев М. И. Теория и технология производства проката и металлоизделий : учебное пособие [для вузов] / М. И. Румянцев, А. Н. Завалищин ; Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2024. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/22733>. - ISBN 978-5-9967-3059-9. - Текст : электронный. - (дата обращения: 16.01.2026)

2. Румянцев, М. И. Теория прокатки / М. И. Румянцев, Д. И. Кинзин. — Магнитогорск : Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2017. — 188 с. — <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35107589> (дата обращения: 16.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Кузнецов, И. С. Проектирование технологических процессов обработки металлов давлением : учебное пособие / И. С. Кузнецов, А. Р. Фастыковский, А. Б. Юрьев. — Новокузнецк : СибГИУ, 2021. — 110 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/442109> (дата обращения: 26.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Румянцев М. И. Расчет и анализ параметров прокатки : учебное пособие [для вузов] / М. И. Румянцев ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2604>. - ISBN 978-5-9967-1650-0. - Текст : электронный. — (дата обращения: 16.01.2026)

3. Румянцев М. И. Исследование и анализ продольной прокатки : практикум [для вузов] / М. И. Румянцев, А. Н. Завалищин ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2020. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. — URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2785>. - Текст : электронный. — (дата обращения: 16.01.2026)

4. Бровман, Т. В. Определение силовых воздействий при обработке металлов давлением : учебное пособие / Т. В. Бровман. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 160 с. - ISBN 978-5-9729-1769-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2170556> (дата обращения: 16.01.2026). – Режим доступа: по подписке.

5. Горячая и холодная листовая прокатка : учебное пособие / М. Дегнер, Х. Палковски, Ф. Гречников, Я. Ерисов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 156 с. - ISBN 978-5-9729-1317-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2093401> (дата обращения: 16.01.2026). – Режим доступа: по подписке.

#### **в) Методические указания:**

1. Моделирование и автоматизированное проектирование технологических процессов обработки металлов давлением : учебное пособие / С. Б. Сидельников, И. Н. Довженко, И. Ю. Губанов [и др.]. - 2-е изд., доп. и перераб. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2019. - 252 с. - ISBN 978-5-7638-4079-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1819630> (дата обращения: 16.01.2026). – Режим доступа: по подписке.

2. Компьютерное моделирование процессов обработки металлов давлением : учебное пособие / А. А. Богатов, Д. А. Павлов, М. В. Ерпалов [и др.] ; под общ. ред. проф., д-ра техн. наук А. А. Богатова. - Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2018. - 248 с. - ISBN 978-5-7996-2390-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1960048> (дата обращения: 16.01.2026). – Режим доступа: по подписке.

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

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Abaqus Student Edition	свободно распространяемое ПО	бессрочно
QForm	Д-681-19 от 12.07.2019	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
STATISTICA в.6	К-139-08 от 22.12.2008	бессрочно

##### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	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="https://host.megaprolib.net/M/P0109/Web">https://host.megaprolib.net/M/P0109/Web</a>

## 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий «Лаборатория ОМД» оснащена лабораторным оборудованием:
  - прокатный стан «ДУО»;
  - прессы гидравлические;
  - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
4. Учебная аудитория для выполнения курсовых проектов (работ) оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
5. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
6. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
7. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
  - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
  - инструментами для ремонта учебного оборудования;
  - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Аудиторная самостоятельная работа студентов на практических и лабораторных занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде решения задач и обсуждения результатов, полученных в подгруппах при выполнении лабораторных работ.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде подготовки к лабораторным и практическим занятиям, подготовке к семинару-дискуссии, конспектирования с проработкой лекционного материала, выполнения индивидуальных заданий с консультациями преподавателя.

### Перечень лабораторных работ по дисциплине

1. Инструктаж по технике безопасности в лаборатории ОМД с учетом особенностей исследования процессов прокатки, волочения и прессования.

2. Комплексная лабораторная работа (лабораторный практикум) «Исследование основных закономерностей продольной прокатки». Выполняется для углубления и закрепления знаний, практических навыков, а также овладения методикой и техникой экспериментального изучения продольной прокатки как разновидности технологических процессов обработки металлов давлением. Цель исследования - экспериментальное изучение закономерностей захвата и установившегося процесса продольной прокатки, а также сравнение результатов экспериментов с известными теоретическими положениями теории прокатки. По результатам комплексного эксперимента, который производится в учебной лаборатории ОМД на лабораторном прокатном стане, оснащенный аппаратурой для измерения усилия прокатки, выполняются:

- расчет и анализ характеристик формоизменения (закрепление знаний и навыков расчета характеристик формоизменения при продольной прокатке; сравнение особенностей отображения изменения размеров прокатываемого металла различными характеристиками формоизменения);
- расчет и анализ параметров очага деформации (закрепление знаний и навыков расчета характеристик очага деформации при продольной прокатке по результатам выполненных экспериментов);
- изучение опережения и контактного трения (закрепление знаний и навыков экспериментального определения коэффициента трения при захвате и установившемся процессе продольной прокатки; закрепление знаний и навыков экспериментального определения и расчета опережения при продольной прокатке; выявление и сравнение с теоретическими положениями зависимости опережения от различных факторов прокатки);
- изучение уширения (закрепление знаний и навыков экспериментального определения и расчета уширения при продольной прокатке; выявление и сравнение с теоретическими положениями зависимости уширения от различных факторов прокатки)
- изучение влияния условий процесса на усилие прокатки (закрепление знаний и навыков измерения и расчета усилия продольной прокатки; выявление и сравнение с теоретическими положениями зависимостей напряжения текучести, среднего контактного давления и усилия прокатки от различных факторов процесса).

Теоретический материал, методика выполнения и требования к представлению результатов работы приведены в пособии:

Румянцев М. И. Исследование и анализ продольной прокатки : практикум [для вузов] / М. И. Румянцев, А. Н. Завалищин ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2020. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. — URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2785>. - Текст : электронный. – (дата обращения: 16.01.2026)

## **Тематика практических занятий по дисциплине**

1. Расчет параметров очага деформации при листовой и сортовой прокатке.
2. Расчет коэффициента трения и оценка условий захвата при листовой и сортовой прокатке.
3. Расчет вытяжки полосы при заданном режиме процессов листовой и сортовой прокатки
4. Определение скорости валков для обеспечения заданной скорости полосы при листовой и сортовой прокатке.
5. Расчет и оценивание энергосиловых параметров горячей прокатки листов.
6. Расчет и оценивание энергосиловых параметров при сортовой прокатке в двухвалковом калибре
7. Расчет и оценивание энергосиловых параметров холодной прокатки полос.
8. Расчет и оценивание энергосиловых параметров волочения
9. Расчет и оценивание энергосиловых параметров прессования

## **Темы заданий для контрольных работ**

1. Для случая горячей прокатки листа сравнить параметры очага деформации с учетом и без учета высотной утяжки заднего конца.
2. Определить параметры очага деформации при холодной прокатке полос.
3. Определить параметры очага деформации при прокатке в калибре
4. Рассчитать и проверить условия захвата при горячей прокатке листа
5. Рассчитать скорость полосы и требуемую скорость валка при горячей прокатке листа
6. Рассчитать размеры и характеристики формоизменения при горячей прокатке листа.
7. Построить реологическое уравнение для стали заданной марки в условиях горячей прокатки. Используя построенное реологическое уравнение, определить напряжение текучести стали при заданных условиях горячей прокатки
8. Построить реологическое уравнение для стали заданной марки в условиях холодной прокатки. Используя построенное реологическое уравнение, определить напряжение текучести стали при заданных условиях холодной прокатки
9. Рассчитать усилие, момент и мощность горячей прокатки листа.
10. Рассчитать усилие, момент и мощность при прокатке в двухвалковых калибрах.
11. Рассчитать усилие, момент и мощность холодной прокатки полосы.
12. Рассчитать усилие и оценить возможность осуществления волочения.
13. Рассчитать усилие и оценить возможность осуществления прессования

## **Содержание курсовой работы по дисциплине**

Для случаев горячей прокатки листа, холодной прокатки полосы и прокатки в двухвалковом калибре при условиях, указанных для каждого из случаев в варианте заданий, выбрать тип и размеры рабочих валков стана, а также осуществить:

1. Расчет характеристик и оценивание формы очага деформации.
2. Расчет коэффициентов контактного трения и проверку возможности прокатки по условиям захвата
3. Расчет уширения и размеров прокатанной полосы
4. Расчет показателей формоизменения
5. Анализ кинематики процесса и расчет скорости полосы
6. Расчет усилия, момента и мощности прокатки

По результатам расчетов сделать вывод о возможности прокатки при заданных условиях на выбранном оборудовании.

**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
ПК-1 Способен выполнять технологические операции по получению металлургической продукции, ее дальнейшей обработке		
ПК-1.1	Осуществляет технологические операции по получению металлургической продукции, ее дальнейшей обработке.	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену в устной форме</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Геометрический очаг деформации при прокатке и его параметры.</li> <li>2. Геометрия очага деформации с учетом сплющивания валков.</li> <li>3. Площадь контактной поверхности.</li> <li>4. Расчет опережения и его изменение в связи с условиями прокатки.</li> <li>5. Теоретическое определение свободного уширения.</li> <li>6. Понятие об энергосиловых параметрах прокатки</li> <li>7. Усилие прокатки и среднее контактное давление.</li> <li>8. Расчет среднего контактного давления.</li> <li>9. Расчет момента прокатки.</li> <li>10. Фактический очаг, внеконтактная деформация и жесткие концы.</li> <li>11. Фазы прокатки.</li> <li>12. Принудительный захват.</li> <li>13. Коэффициента трения при прокатке и методы его определения.</li> <li>14. Влияние факторов прокатки на коэффициент трения.</li> <li>15. Физическая сущность нейтрального угла</li> <li>16. Напряженно-деформированное состояние металла при прокатке.</li> <li>17. Виды и составляющие уширения.</li> <li>18. Влияние факторов прокатки на уширение.</li> <li>19. Контактные напряжения и особенности их распределения вдоль дуги захвата.</li> <li>20. Влияние условий прокатки на контактное давление</li> <li>21. Напряжённое состояние деформационной зоны при волочении в монолитной волоке.</li> <li>22. Основная формула напряжения волочения в</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>монолитной волоке</p> <p>23. Напряженное состояние зоны деформации в роликовой волоке</p> <p>24. Основная формула напряжения волочения в роликовой волоке.</p> <p>25. Напряженное состояние зоны деформации при прямом прессовании.</p> <p>26. Основная формула усилия прессования</p> <p style="text-align: center;"><b>Примерные практические задания для экзамена:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Запишите и обоснуйте условие естественного начального захвата.</li> <li>2. Запишите и обоснуйте условие захвата при установившемся процессе.</li> <li>3. Запишите и обоснуйте соотношение скоростей металла и валков в различных зонах очага деформации.</li> <li>4. Выведите дифференциальное уравнение нормальных контактных напряжений.</li> <li>5. Воспроизведите решение уравнения Кармана А.И. Целиковым</li> <li>6. Оценить возможность захвата металла валками при заданных условиях.</li> <li>7. Оценить устойчивость процесса прокатки при заданных условиях.</li> <li>8. Оценить реализуемость процесса волочения</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>Задания на решение задач из профессиональной области:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определить параметры очага деформации при заданных условиях прокатки.</li> <li>2. Определить коэффициент вытяжки при заданных условиях прокатки.</li> <li>3. Определить скорость валков, которая обеспечит требуемую скорость полосы при заданных условия.</li> <li>4. Определить скорость полосы при заданной скорости валков.</li> <li>5. Определить усилие и момент горячей прокатки листа и оценить возможность осуществления процесса.</li> <li>6. Определить усилие и момент холодной прокатки полосы и оценить возможность осуществления процесса.</li> <li>7. Определить усилие и момент сортовой прокатки и оценить возможность осуществления процесса.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		8. Определить усилие и мощность волочения проволоки и оценить возможность осуществления процесса. 9. Определить усилие деформации при прессовании профиля и оценить возможность осуществления процесса. 10. Определить возможность горячей прокатки листа при известных технических характеристиках рабочей клетки и привода. 11. Определить возможность прокатки сортового профиля при известных технических характеристиках рабочей клетки и привода. 12. Определить возможность холодной прокатки полосы при известных технических характеристиках рабочей клетки и привода. 13. Определить возможность волочения профиля при известных технических характеристиках волочильного стана 14. Определить возможность прессования профиля при известных технических характеристиках пресса

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

При подготовке к экзамену необходимо ознакомиться с Программой курса.

Студентам предоставляется программа изучения дисциплины с указанием источников, где можно найти основной материал по данной теме.

Работа студентов состоит в проработке обзорного лекционного материала, в изучении по учебникам программного материала и рекомендованных преподавателем литературных источников, выполнении расчетных работ, в решении аналогичных задач по данной тематике, ознакомлении с методическими материалами по данной теме. Методические материалы находятся на кафедре ТОМ (ауд. 2/9). Web-ориентированные методические материалы размещены на сайте МГТУ.

Изучение рекомендованной дополнительной литературы целесообразнее начинать с общих фундаментальных работ, а затем переходить к частным работам, статьям; в случае анализа новейших разработок и технологий с журнальных статей.

Поиски нужной литературы нужно начинать с просмотра библиотечных систематических каталогов, реферативных журналов. О помещенных в журналах статьях можно узнать из выходящей еженедельно «Летописи журнальных статей», из библиографических указателей новой литературы. Указания на имеющуюся литературу по конкретным вопросам можно найти в сносках монографий, статей, учебников.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме или в форме компьютерного тестирования через образовательный портал.

**В устной форме** экзамен проводится по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания экзамена в устной форме:**

– 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.

показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

**При экзамене в форме компьютерного тестирования** тест включает 20 вопросов, которые извлекаются случайной выборкой из перечня, указанного в Приложении 3, и продолжается не более 60 минут. **Показатели и критерии оценивания экзамена в форме компьютерного тестирования:**

- «удовлетворительно», если обучающийся набрал от 65 до 79 баллов;

- «хорошо», если обучающийся набрал от 80 до 94 баллов;

- «отлично», если обучающийся набрал 95 и более баллов.

**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 выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

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

## ВОПРОСЫ

для сдачи экзамена в форме компьютерного тестирования  
по дисциплине «Теория и практика обработки металлов давлением (Часть 2)»

1. Что такое проката?
2. Укажите схему, которая соответствует продольной прокатке
3. Укажите схему, которая соответствует поперечно-винтовой прокатке
4. Укажите схему, которая схема соответствует поперечной прокатке
5. Охарактеризуйте свободную прокатку
6. Охарактеризуйте несвободную прокатку
7. Укажите особенности горячей прокатки (можно указать несколько ответов)
8. Укажите особенности холодной прокатки (можно указать несколько ответов)
9. Укажите отличительную особенность непрерывной прокатки
10. Условие безаварийности непрерывной прокатки
11. Условие прокатки с натяжением в паре клетей
12. Условие прокатки с подпором в паре клетей
13. С какой целью при прокатке применяют прием «верхнее давление»?
14. С какой целью при прокатке применяют прием «нижнее давление»?
15. Каким образом осуществляют при прокатке прием «верхнее давление»?
16. Каким образом осуществляют при прокатке «нижнее давление»?
17. Что представляет собой натяжение полосы?
18. К переднему концу полосы, которая имеет предел текучести  $\sigma_S$  (МПа) и площадь поперечного сечения  $F_1$  (мм<sup>2</sup>), приложено усилие натяжения  $Q_1$  (кН). Определить величину среднего удельного натяжения.
19. К переднему концу полосы, которая имеет предел текучести  $\sigma_S$  (МПа) и площадь поперечного сечения  $F_1$  (мм<sup>2</sup>), приложено усилие натяжения  $Q_1$  (кН). Определить величину уровня натяжения
20. Укажите формулу для вычисления длины очага деформации
21. Как изменяется длина очага деформации при одном и том же обжатии с увеличением диаметра валка ?
22. Как изменяется длина очага деформации при одном и том же диаметре валка с увеличением обжатия ?
23. Укажите формулу для вычисления угла захвата, выраженного в радианах
24. Укажите формулу для вычисления угла захвата, выраженного в градусах
25. Как изменяется угол захвата при одном и том же обжатии с увеличением диаметра валка?
26. Как изменяется угол захвата при одном и том же диаметре валка с увеличением обжатия?
27. Полоса исходной толщиной  $h_0$  (мм) обжимается до толщины  $h_1$  (мм) валками диаметром  $D_p$  (мм). Определить длину очага деформации
28. Полоса исходной толщиной  $h_0$  (мм) обжимается до толщины  $h_1$  (мм) валками диаметром  $D_p$  (мм). Определить величину угла захвата, выраженного в градусах
29. Что такое «высота очага деформации» (можно указать несколько ответов)?
30. Какой очаг деформации называют высоким?
31. Какой очаг деформации называют низким?
32. Как классифицируются случаи прокатки в зависимости от значения фактора высоты очага деформации
33. Что такое «ширина очага деформации»?

34. Что показывает коэффициент подпора ?
35. Как изменяется коэффициент подпора с увеличением коэффициента контактного трения?
36. Как изменяется коэффициент подпора с увеличением высоты очага деформации?
37. Понятие о среднем контактном давлении
38. Как называются области очага деформации в его продольном сечении?
39. Как называются области на контактной поверхности очага деформации?
40. Что происходит вблизи нейтральной точки на контактной поверхности? (можно указать несколько ответов)
41. Укажите особенности сил контактного трения в области опережения (можно указать несколько ответов)
42. Укажите особенности сил контактного трения в области отставания (можно указать несколько ответов)
43. Каким параметром характеризуется положение нейтральной точки? (можно указать несколько ответов)
44. Каким образом происходит продольное течение металла в зоне прилипания?
45. Что представляют собой жесткие концы?
46. В чем суть гипотезы плоских сечений?
47. В чем суть явления «сплющивание вала»? (Можно указать несколько ответов)
48. Оцените возможность пластического обжатия величиной  $\varepsilon$  (%) при холодной прокатке полосы исходной толщиной  $h_0$  (мм) стальными вальками диаметром  $D_p$  (мм) при коэффициенте трения  $\mu$ . Среднее сопротивление деформации  $K_{cp}$  (МПа), среднее значение удельных натяжений  $q_{cp}$  (МПа). При решении задачи воспользуйтесь формулой А.А. Королева
49. При прокатке вальками диаметром  $D_p$  (мм) листа исходной толщиной  $h_0$  (мм) и шириной  $b_0$  (мм) с обжатием  $\varepsilon$  (%) произошло уширение  $\Delta b$  (мм). Какова площадь контактной поверхности?
50. Полоса овального сечения размерами  $h_0 \times b_0$  (мм) площадью  $F_0$  (мм<sup>2</sup>) прокатывается в квадратном калибре размерами  $h_k \times b_k$  (мм) в полосу с площадью сечения  $F_1$  (мм<sup>2</sup>). Определить площадь контактной поверхности, если диаметр валков по буртам  $D_{\sigma}$  (мм) и зазор между буртами  $t$  (мм). Применить метод приведенной полосы
51. Как изменяются при установившемся процессе прокатки условия трения на контактной поверхности, толщина полосы, обжатие, усилие прокатки и другие параметры? (Можно указать несколько ответов)
52. Полоса с площадью поперечного сечения  $F_1$  (мм<sup>2</sup>) выходит из валков со скоростью  $v_1$  (м/с). С какой скоростью будет входить в валки задний конец этой полосы, если коэффициент вытяжки равен  $\lambda$  ?
53. Укажите условие естественного захвата прямоугольной полосы цилиндрическими вальками (можно указать несколько ответов)
54. Укажите условие прокатки без пробуксовки валков (можно указать несколько ответов)
55. Возможен ли естественный захват полосы толщиной  $h_0$  (мм) вальками диаметром  $D_p$  (мм), если коэффициент трения при захвате  $\mu_3$ , а зазор между вальками  $z$  (мм) (Можно указать несколько ответов)
56. Будет ли устойчивым процесс при прокатке полосы толщиной  $h_0$  (мм) вальками диаметром  $D_p$  (мм), если зазор между вальками  $z$  (мм), а коэффициент трения при установившемся процессе  $\mu_y$  ? (Можно указать несколько ответов)
57. Что представляет собой коэффициент трения для всей контактной поверхности ?
58. Какое выражение закона трения наиболее соответствует мягким условиям трения в

- зонах опережения и отставания?
59. Какое выражение закона трения наиболее соответствует условиям трения в зоне прилипания?
  60. Сущность опережения как явления
  61. Сущность опережения как характеристики процесса прокатки
  62. С какой скоростью выходит полоса из очага деформации, если окружная скорость валка  $v_p$  (м/с), а опережение  $s$  (%)? Результат представить с точностью 0,1.
  63. С какой окружной скоростью необходимо вращать валки, чтобы полоса выходила из очага деформации со скоростью  $v_1$  (м/с), если опережение  $s$  (%)? Результат представить с точностью 0,1.
  64. Как изменится нейтральный угол, если возникнут причины, затрудняющие процесс прокатки ?
  65. Как изменится нейтральный угол, если возникнут причины, способствующие процессу прокатки ?
  66. Как изменится нейтральный угол, если при прокатке переднее натяжение станет больше заднего?
  67. Чему равно минимальное значение нейтрального угла при простом процессе прокатки?
  68. Чему равно максимальное значение нейтрального угла при простом процессе прокатки?
  69. Как соотносится опережение при прокатке с высоким очагом деформации и опережение при прокатке с низким очагом деформации ?
  70. Укажите основную механическую схему деформации при прокатке
  71. Возможно ли изменение основной схемы напряженного состояния металла в очаге деформации при прокатке? (Можно указать несколько ответов)
  72. Какие (по характеру действия) продольные напряжения образуются у сечения выхода из низкого очага деформации ?
  73. Какие (по характеру действия) продольные напряжения образуются у сечения выхода из высокого очага деформации ?
  74. В чем сущность уширения как явления?
  75. В чем сущность уширения как характеристики процесса прокатки?
  76. Какова взаимосвязь между характером влияния условий прокатки на удлинение металла и уширением? (Можно указать несколько ответов)
  77. Как соотносятся между собой коэффициенты вытяжки и уширения в зависимости от ширины очага деформации? (Можно указать несколько ответов)
  78. При определенных условиях показатель уширения  $C_b = \Delta b / \Delta h > 1$ . Это означает, что величина уширения больше величины обжатия. Каков механизм данного явления? (Можно указать несколько ответов)
  79. Как уширение при прокатке зависит от коэффициента трения? (Можно указать несколько ответов)
  80. Как влияет на уширение химический состав стали ?
  81. Как влияет на уширение дробность деформации при прокатке ?
  82. Как влияет на уширение при прокатке диаметр валков ?
  83. Как влияет на уширение при прокатке натяжение ?
  84. При прокатке прямоугольной полосы с исходными размерами сечения  $h_0 \times b_0$  (мм) толщина уменьшилась до  $h_1$  (мм), а длина увеличилась с  $l_0$  до  $l_1$  (мм). Какова ширина прокатанной полосы?
  85. Какова особенность свободного уширения?
  86. Какова особенность стесненного уширения?
  87. Какова особенность вынужденного уширения?
  88. К энергосиловым параметрам прокатки относится (можно указать несколько ответов)
  89. Укажите формулу для расчета момента на валу двигателя главного привода прокатного стана

90. Что такое усилие прокатки?
91. Существует ли связь между усилием прокатки и средним контактным давлением?
92. Существует ли связь между усилием прокатки и контактным давлением?
93. Какая эпюра контактных давлений соответствует прокатке при высоте очага деформации 0,6?
94. Какая эпюра контактных давлений соответствует прокатке при высоте очага деформации 1,35?
95. Какая эпюра контактных давлений соответствует прокатке при высоте очага деформации 3,75?
96. Укажите дифференциальное уравнение нормальных контактных напряжений (можно указать несколько ответов)
97. Укажите уравнение контактных напряжений А.И. Целикова
98. Какая формула отображает распределение контактных напряжений в зоне отставания?
99. Какая формула отображает распределение контактных напряжений в зоне опережения?
100. Как влияет коэффициент контактного трения на контактное давление и усилие прокатки? (Можно указать несколько ответов)
101. Как влияет обжатие на контактное давление и усилие прокатки? (Можно указать несколько ответов)
102. Как влияет диаметр валков на контактное давление и усилие прокатки? (Можно указать несколько ответов)
103. Как влияет заднее натяжение на контактное давление и усилие прокатки? (Можно указать несколько ответов)
104. Как влияет переднее натяжение на контактное давление и усилие прокатки? (Можно указать несколько ответов)
105. Прокатывается лист толщиной  $h_0$  (мм) и шириной  $b_0$  (мм) валками диаметром  $D_p$  (мм) с обжатием  $\varepsilon$  (%). Чему равно среднее контактное давление, если усилие прокатки  $P$  (МН)?
106. Прокатывается лист толщиной  $h_0$  (мм) и шириной  $b_0$  (мм) валками диаметром  $D_p$  (мм) с обжатием  $\varepsilon$  (%). Чему равно усилие прокатки, если среднее контактное давление  $p_{cp}$  (МПа)?
107. Каково значение коэффициента влияния внешнего трения на среднее контактное давление при прокатке в высоком очаге деформации?
108. Каково значение коэффициента влияния внешнего трения на среднее контактное давление при прокатке в низком очаге деформации?
109. Каково значение коэффициента влияния внешних зон на среднее контактное давление при прокатке в высоком очаге деформации?
110. Каково значение коэффициента влияния внешних зон на среднее контактное давление при прокатке в низком очаге деформации?
111. Что такое момент прокатки?
112. Что такое коэффициент плеча?
113. Какие значения может принимать коэффициент плеча?
114. Какие значения может принимать коэффициент плеча?
115. Как, по сравнению с простым процессом, изменится момент прокатки, если натяжение заднего конца полосы будет больше, чем натяжение переднего конца полосы?
116. Как, по сравнению с простым процессом, изменится момент прокатки, если натяжение заднего конца полосы будет меньше, чем натяжение переднего конца полосы?
117. Как, по сравнению с простым процессом, изменится момент прокатки, если натяжение заднего конца полосы будет равно натяжению переднего конца полосы?
118. Укажите формулы для расчета мощности прокатки (можно указать несколько

ответов)

119. Как рассматривают сопротивление деформации при расчетах параметров прокатки ?
120. Какие величины относятся к термомеханическим параметрам процесса прокатки?  
(можно указать несколько ответов)
121. Какой параметр принимают в качестве температуры деформирования ?
122. Какими характеристиками формоизменения оценивают степень деформирования  
(Можно указать несколько ответов)
123. Укажите выражение для расчета скорости деформирования
124. Определить скорость деформации при прокатке полосы толщиной  $h_0$  (мм) валками диаметром  $D_p$  (мм) с обжатием  $\varepsilon$  (%) и скоростью  $v_1$  (м/с).