



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

09.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
***ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ (ЧАСТЬ 2)***

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Обработка металлов давлением

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материаловедения
Кафедра	Технологий обработки материалов
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск  
2023 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)

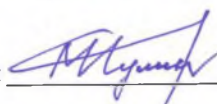
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технологий обработки материалов  
31.01.2023, протокол № 6

Зав. кафедрой  А.Б. Моллер


Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
09.02.2023 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:  
профессор кафедры ТОМ, д-р техн. наук

 М.И. Румянцев

Рецензент:  
профессор кафедры ЛПиМ, д-р техн. наук

 Завалицин А.Н.

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

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

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

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

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

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

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

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 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:

Технологии производства сортового проката

Технологии производства листового проката

Методы оптимизации процессов обработки металлов давлением

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

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-6	Способен координировать работы производственных подразделений по выпуску холоднокатаного листа
ПК-6.1	Анализирует теорию и технологию термической обработки, травления, холодной прокатки и резки листового проката. Контролирует требования к качеству выпускаемого холоднокатаного листа стандартов, технических условий и заказчиков
ПК-6.2	Координирует ход технологических процессов производства холоднокатаного листа. Выявляет отклонения текущих параметров и показателей режимов технологических процессов производства холоднокатаного листа от установленного регламента
ПК-6.3	Организует согласованную работу работников смежных участков цеха по соблюдению заданных (оптимальных) технологических режимов производства холоднокатаного листа

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 111,2 акад. часов;
- аудиторная – 108 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,2 акад. часов;
- самостоятельная работа – 69,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

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

1.4 Контактные напряжения и среднее контактное давление при прокатке	2	18	8	6	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к лабораторно-практическому занятию, выполнение практических работ (решение задач)	контрольная работа №3, комплексная лабораторная работа	
1.5 Энергосиловые параметры прокатки	2	8/2И	6	6	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к лабораторно-практическому занятию, выполнение практических работ (решение задач)	контрольная работа №3, комплексная лабораторная работа	
1.6 Закономерности течения и напряженно-деформированное состояние при волочении	2			10	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос – беседа по литературным источникам	
1.7 Силовые условия и факторы, влияющие на процесс волочения	2	8	6	12,8	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических работ (решение задач)	Проверка индивидуального задания по расчёту характеристик формоизменения и силовых параметров при волочении	
1.8 Закономерности течения и напряженно-деформированное состояние металла при прессовании	2			10	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к лабораторно-практическому занятию	Лабораторная работа № 9	
1.9 Силовые условия и факторы, влияющие на процесс прессования	2	4	4	10	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к лабораторно-практическому занятию, выполнение практических работ (решение задач)	Проверка индивидуального задания по расчёту характеристик формоизменения и силовых параметров при прессовании	
1.10 Экзамен							
Итого по разделу	18	54/5,6И	36/2И	69,1			

Итого за семестр	18	54/5,6И	36/2И	69,1		экзамен	
Итого по дисциплине	18	54/5,6 И	36/2И	69,1		экзамен	

## 5 Образовательные технологии

С целью реализации компетентностного 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 (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Тулупов, С. А. Теория обработки металлов давлением : курс лекций / С. А. Тулупов, Н. Г. Шемшурова, О. Н. Тулупов ; МГТУ, каф. ОМД. - Магнитогорск, 2010. - 175 с. : ил., граф., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=308.pdf&show=dcatalogues/1/1068341/308.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

2. Румянцев М.И. Теория прокатки: учебное пособие [Электронный ресурс] / М.И. Румянцев, Д.И. Кинзин. - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. - 188 с. - URL:[http://cloud.seven-sky.net.ru/tom/m.rumyantsev/Teoriya\\_prokatki.pdf](http://cloud.seven-sky.net.ru/tom/m.rumyantsev/Teoriya_prokatki.pdf) (дата обращения: 04.10.2019).

3. Румянцев, М. И. Обработка металлов давлением и характеристики качества продукции : учебное пособие / М. И. Румянцев, Н. М. Локотунина, А. Б. Моллер ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1394.pdf&show=dcatalogues/1/1123849/1394.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электрон-ный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Локотунина, Н. М. Основы теории и технологии процессов обработки металлов давлением : учебное пособие / Н. М. Локотунина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1314.pdf&show=dcatalogues/1/1123539/1314.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электрон-ный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. 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> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электрон-ный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Коликов, А. П. Теория обработки металлов давлением : учебник / А. П.

Коликов, Б. А. Романцев. — Москва : МИСИС, 2015. — 451 с. — ISBN 978-5-87623-887-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116979> (дата обращения: 02.11.2020). — Режим доступа: для авто-риз. пользователей.

4. Шемшурова, Н. Г. Обработка металлов давлением (общий курс) : учебное пособие / Н. Г. Шемшурова, Д. О. Пустовойтов ; МГТУ. - Магнитогорск, 2013. - 142 с. : ил., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=618.pdf&show=dcatalogues/1/1107823/618.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0381-4. - Имеется печатный аналог.

#### **в) Методические указания:**

1. 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. - ISBN 978-5-9967-1650-0. - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=4026.pdf&show=dcatalogues/1/1532655/4026.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Локотунина, Н. М. Теория обработки металлов давлением : практикум / Н. М. Локотунина ; 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://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=4022.pdf&show=dcatalogues/1/1532670/4022.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Шемшурова, Н. Г. Классификация как метод поиска технического решения. Расчет давления металла на инструмент в процессах ОМД : учебное пособие / Н. Г. Шемшурова, С. А. Левандовский, М. М. Лотфрахманова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1171.pdf&show=dcatalogues/1/1121209/1171.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

4. Румянцев, М. И. Исследование и анализ продольной прокатки : практикум [для вузов] / М. И. Румянцев, А. Н. Завалицин ; 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://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=4190.pdf&show=dcatalogues/1/1535684/4190.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

5. Румянцев М.И. Исследование основных закономерностей продольной прокатки: лабораторный практикум [Электронный ресурс] / М.И. Румянцев. - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. -52 с. - URL: [http://cloud.seven-sky.net.ru/tom/m.rumyantsev/Lab\\_Practicum\\_Teoriya\\_Prokatki.pdf](http://cloud.seven-sky.net.ru/tom/m.rumyantsev/Lab_Practicum_Teoriya_Prokatki.pdf) (дата обращения: 04.10.2019).

6. Шемшурова Н.Г., Чикишев Д.Н. Использование инженерного метода расчета контактных напряжений при осадке: Методич. указ. – Магнитогорск: ГОУ ВПО МГТУ, 2008. – 36 с.

**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	бессрочно
STATISTICA	К-139-08 от 22.12.2008	бессрочно
Электронные плакаты по курсу "Машины и технология обработки материалов	К-227-12 от 11.09.2012	бессрочно
Deform3D	№173 от 20.12.2007	бессрочно
Abaqus Student Edition	свободно распространяемое ПО	бессрочно
QForm	Д-681-19 от 12.07.2019	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services,	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	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	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной	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://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

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).

3. Компьютерная лабораторная работа «Исследование влияния условий прокатки на контактное давление и энергосиловые параметры процесса». Выполняется для углубления и закрепления знаний, практических навыков, а также овладения методикой и техникой компьютерного моделирования процессов ОМД на примере изучения и анализа

особенностей влияния условий прокатки на контактное давление и энергосиловые параметры при прокатке. Цели работы:

- закрепление знаний об особенностях распределении контактных напряжений вдоль очага деформации и их влияния на энергосиловые параметры процесса;
- изучение влияния условий прокатки на контактные напряжения и энергосиловые параметры процесса;
- формирование знаний, а также навыков в области алгоритмизации и программирования задач компьютерного моделирования процессов ОМД.

### *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

### *Контрольные работы по дисциплине*

1. Расчет параметров очага деформации при горячей прокатке листа.
2. Расчет параметров очага деформации при холодной прокатке листа.
3. Расчет параметров очага деформации при прокатке в калибрах
4. Расчет и оценка условий захвата при прокатке
5. Расчет скорости валков и полосы при прокатке.
6. Расчет размеров полосы и характеристик формоизменения
7. Расчет сопротивления деформации при горячей деформации
8. Расчет сопротивления деформации при холодной деформации
9. Расчет энергосиловых параметров при горячей прокатке
10. Расчет энергосиловых параметров при холодной прокатке.
11. Расчет усилия волочения
12. Расчет усилия прессования.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент компетенции	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-6 Способен координировать работы производственных подразделений по выпуску холоднокатаного листа		
ПК-6.1	<p>Анализирует теорию и технологию термической обработки, травления, холодной прокатки и резки листового проката.</p> <p>Контролирует требования к качеству выпускаемого холоднокатаного листа стандартов, технических условий и заказчиков</p>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <p>1. Геометрический очаг деформации и его параметры (Длина контактной поверхности. Длина геометрического очага деформации. Угол захвата. Средние значения толщины и ширины полосы в очаге деформации. Характеристики формы очага деформации).</p> <p>2. Геометрия очага деформации с учетом сплющивания валков (Фактическая форма линии контакта. Теоретическая схема очага деформации с учетом сплющивания валков. Величина радиального сжатия валка. Длина очага деформации с учетом сплющивания валка. Угол захвата с учетом сплющивания валка. Проблема пластического обжатия полосы при холодной прокатке).</p> <p>3. Площадь контактной поверхности (Расчет площади контакта при прокатке полосы прямоугольного сечения в цилиндрических валках. Метод приведенной полосы. Метод соответственной полосы).</p> <p>4. Расчет опережения и его изменение в связи с условиями прокатки (Теоретическое определение опережения при прокатке на гладкой бочке. Влияние на опережение диаметра валка. Влияние обжатия на опережение. Влияние натяжения на опережение. Явление прилипания при прокатке. Соотношение между скоростями валков и полосы при наличии зоны прилипания. Влияние прилипания на форму критического сечения).</p> <p>5. Теоретическое определение свободного уширения.</p> <p>6. Понятие об энергосиловых параметрах прокатки (Энергосиловые параметры в системе «валки-полоса». Нагрузка на двигатель привода через шестеренную клеть).</p> <p>7. Усилие прокатки и среднее контактное давление (Понятия об усиллии прокатки и среднем</p>

Структурный элемент компетенции	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>контактном давлении. Связь усилия прокатки и среднего контактного давления с контактными напряжениями).</p> <p>8. Расчет среднего контактного давления (Факторы контактного давления. Влияния ширины полосы на среднее контактное давление. Влияние внешних зон на среднее контактное давление. Влияние натяжения на среднее контактное давление. Влияние контактного трения на среднее контактное давления. Особенности расчета среднего контактного давления и усилия холодной листовой прокатки. Особенности расчета коэффициента напряженного состояния при прокатке в калибрах).</p> <p>9. Расчет момента прокатки (Момент деформации как момент сил контактного трения. Момент деформации как момент усилия прокатки. Закономерности изменения коэффициента плеча. Момент прокатки с натяжением).</p>
ПК-6.2	<p><i>Координирует ход технологических процессов производства холоднокатаного листа. Выявляет отклонения текущих параметров и показателей режимов технологических процессов производства холоднокатаного листа от установленного регламента</i></p>	<p><b>Примерные практические задания для экзамена:</b></p> <p>1. Запишите и обоснуйте условие естественного начального захвата (Естественный захват прямоугольной полосы гладкими валками. Естественный захват в калибрах при первоначальном контакте по вертикальной оси калибра. Обобщенное условие начального захвата).</p> <p>2. Запишите и обоснуйте условие захвата при установившемся процессе (Схема сил при установившемся процессе. Уравнение равновесия полосы и величина нейтрального угла. Максимальный возможный угол захвата при установившемся процессе).</p> <p>3. Запишите и обоснуйте соотношение скоростей металла и валков в различных зонах очага деформации (Опережение и его идентификация. Соотношение между скоростями валков и полосы в очаге деформации).</p> <p>4. Выведите дифференциальное уравнение нормальных контактных напряжений (Элементарный объем очага деформации и воздействия на него. Продольные силы, приложенные к элементу очага деформации).</p>



Структурный элемент компетенции	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>Дифференциальное уравнение равновесия элемента очага деформации. Решение дифференциального уравнения равновесия элемента очага деформации. Уравнение Кармана). 5. Воспроизведите решение уравнения Кармана А.И. Целиковым (Расчетная схема и допущения А.И. Целикова. Граничные условия и постоянные интегрирования. Уравнения контактных давлений по А.И. Целикову).</p>
ПК-6.3	<p>Организует согласованную работу работников смежных участков цеха по соблюдению заданных (оптимальных) технологических режимов производства холоднокатаного листа</p>	<p><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> <li>8. Определить усилие и мощность волочения проволоки и оценить возможность осуществления процесса.</li> <li>9. Определить усилие деформации при прессовании профиля и оценить возможность осуществления процесса.</li> </ol>

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, формируемых 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.

## ВОПРОСЫ

для дистанционной сдачи экзамена в форме компьютерного тестирования  
по дисциплине «Теория 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 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 валами 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 валами 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  $D_b$  (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 валами (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) валами диаметром  $D_p$  (мм), если коэффициент трения при захвате  $\mu_3$ , а зазор между валами  $z$  (мм) (Можно указать несколько ответов)
56. Будет ли устойчивым процесс при прокатке полосы толщиной  $h_0$  (мм) валами диаметром  $D_p$  (мм), если зазор между валами  $z$  (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 прокати
  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 прокати?
  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).