

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 16.11.2023 16:43:00

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Инновационные технологии и конструкции оборудования для производства труб, деталей и специальных изделий

Закреплена за подразделением

Кафедра обработки металлов давлением

Направление подготовки

00.06.00 Аспирантура

Профиль

Квалификация

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет 6

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	Неделя 20			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*Д.Т.Н., профессор, Романцев Борис Алексеевич*

Рабочая программа

**Инновационные технологии и конструкции оборудования для производства труб, деталей и специальных изделий**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ от 17.03.2022 г. № 2-22)

Составлена на основании учебного плана:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Материаловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, АСП-22-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Материаловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании  
**Кафедра обработки металлов давлением**

Протокол от 30.06.2022 г., №9

Руководитель подразделения Алещенко А.С.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цели дисциплины
1.2	- подготовка выпускников к производственно-технологической деятельности в области инжиниринга металлургического оборудования и технологий;
1.3	- подготовка выпускников к организационно-управленческой деятельности в области инжиниринга металлургического оборудования и технологий;
1.4	- подготовка выпускников к проектной деятельности в области инжиниринга металлургического оборудования и технологий.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		2.1.2
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Академическое письмо	
2.1.2	Иностранный язык	
2.1.3	История и философия науки	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Аналитическая химия	
2.2.2	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика	
2.2.3	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика	
2.2.4	Геотехнология, горные машины	
2.2.5	Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр	
2.2.6	Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр	
2.2.7	Литейное производство	
2.2.8	Материаловедение	
2.2.9	Материаловедение	
2.2.10	Материаловедение	
2.2.11	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.12	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.13	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.14	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.15	Металлургия черных, цветных и редких металлов	
2.2.16	Металлургия черных, цветных и редких металлов	
2.2.17	Металлургия черных, цветных и редких металлов	
2.2.18	Нанотехнологии и наноматериалы	
2.2.19	Нанотехнологии и наноматериалы	
2.2.20	Нанотехнологии и наноматериалы	
2.2.21	Обогащение полезных ископаемых	
2.2.22	Обработка металлов давлением	
2.2.23	Порошковая металлургия и композиционные материалы	
2.2.24	Порошковая металлургия и композиционные материалы	
2.2.25	Теоретические основы проектирования горнотехнических систем	
2.2.26	Технологии и машины обработки давлением	
2.2.27	Технологии и машины обработки давлением	
2.2.28	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	
2.2.29	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	
2.2.30	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	
2.2.31	Технология электрохимических процессов и защита от коррозии	
2.2.32	Физика конденсированного состояния	
2.2.33	Физика конденсированного состояния	
2.2.34	Физика конденсированного состояния	
2.2.35	Физика конденсированного состояния	
2.2.36	Физика конденсированного состояния	

2.2.37	Физика полупроводников
2.2.38	Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
2.2.39	Электротехнические комплексы и системы
2.2.40	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.41	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.42	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.43	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.44	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.45	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.46	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.47	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.48	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.49	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.50	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.51	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.52	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.53	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.54	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.55	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.56	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.57	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.58	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.59	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.60	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.61	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.62	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.63	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.64	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.65	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.66	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.67	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.68	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.69	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.70	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.71	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.72	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.73	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.74	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.75	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.76	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.77	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.78	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.79	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.80	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.81	Обогащение полезных ископаемых
2.2.82	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

**А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты**

**Знать:**

А-3-31 Знать физические основы механики, теплофизики, в том числе закономерности напряженного и деформированного состояния сплошной среды, применяемые при моделировании машин, приводов и технологического оборудования

применяемого в обработке металлов давлением
<b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Знать:</b>
А-2-31 Знать современные методы исследования в области машиностроения
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Знать:</b>
А-1-31 Знать требования к качеству выпускаемой продукции, полученной методами ОМД
<b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Уметь:</b>
А-3-У1 Уметь разрабатывать обосновывать и применять новые решения в области построения и моделирования, машин, приводов и технологического оборудования
<b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Уметь:</b>
А-2-У1 Уметь осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области машиностроения с использованием современных методов исследования
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Уметь:</b>
А-1-У1 Уметь выбирать оптимальные решения при выпуске продукции методами ОМД с учетом заданных требований
<b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Владеть:</b>
А-3-В1 Владеть способностью разрабатывать и осуществлять моделирование технологических комплексов и оборудования применяемого в обработке металлов давлением
<b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Владеть:</b>
А-2-В1 Владеть навыками самостоятельного осуществления научно-исследовательской деятельности в области машиностроения с использованием современных методов исследования
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Владеть:</b>
А-1-В1 Владеть навыками оптимизации технологий ОМД при выпуске продукции с учетом заданных требований.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Инновационные технологии и конструкции оборудования для производства труб, деталей и специальных изделий</b>							
1.1	Инновационные технологии и конструкционные особенности современного прокатного оборудования. /Лек/	6	6	А-1-31 А-3-31	Л1.5Л2.5			

1.2	Экспериментальные и теоретические методы исследования машин и оборудования, технологических процессов. Механика, динамика, термодинамика и гидравлика машин. /Лек/	6	6	A-3-31	Л1.5Л2.6	Тест		
1.3	Теоретические основы и закономерности механики, динамики, термодинамики и гидравлики используемые при теоретическом исследовании и моделировании машин. Методы их преподавания. /Лек/	6	5	A-2-31 A-3-31	Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2			
1.4	Экспериментальные и теоретические методы исследования машин и оборудования, технологических процессов. Механика, динамика, термодинамика и гидравлика машин. /Пр/	6	14	A-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.5Л2.5 Л2.6			
1.5	Методики разработки лекционных, теоретических, практических и лабораторных занятий на примере курса инновационные технологии и конструкции оборудования для производства труб, деталей и специальных изделий. /Пр/	6	10	A-2-У1	Л1.1 Л1.3 Л1.5Л2.1	Домашняя работа		
1.6	Основы проведения научных исследований и моделирования технологического оборудования машин и механизмов для производства труб, деталей и специальных изделий. /Пр/	6	10	A-1-У1	Л1.1 Л1.5Л2.5 Л2.6			
1.7	Самостоятельная работа с материалами лекционных и практических занятий /Ср/	6	57	A-1-B1 A-2-B1 A-3-B1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5		КМ1	

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Зачет	A-3-31;A-3-У1;A-3-B1;A-2-31;A-2-У1;A-2-B1;A-1-31;A-1-У1;A-1-B1	

## 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

### Коллоквиум

(темы) (ОПК-1.1-31; ОПК-1.1-У1; ОПК-1.1-В1; ПК-2.1-31; ПК-2.1-У1; ПК-2.1-В1; ПК-1.1-31; ПК-1.1-У1; ПК-1.1-В1)

- 1 Понятие технологической машины, ее функциональность и надежность.
- 2 Современные методы проведения экспериментальных исследований технологических машин и проблемы связанные с ними.
- 3 Методика преподавания инжиниринга технологических машин, план лекционных и практических занятий, теоретические основы механики сплошных сред и проверка знаний.
- 4 Преимущества и недостатки метода линий скольжения.
- 5 Компьютерное и математическое моделирование, в чем разница, недостатки и преимущества использования.
- 6 Проверка адекватности и верификация компьютерной модели, методика верификации компьютерной модели.
- 7 Разработка плана выполнения лабораторных работ.
- 8 Современные прокатные станы, тенденции развития, преимущества.
- 9 Проблемы применения фундаментальных знаний механики, статики и термодинамики при исследовании и разработке инновационного технологического оборудования
- 10 Проектирование современных прокатных станов, основные принципы.

### Домашняя работа

(Варианты) (ОПК-1.1-31; ОПК-1.1-У1; ОПК-1.1-В1; ПК-2.1-31; ПК-2.1-У1; ПК-2.1-В1; ПК-1.1-31; ПК-1.1-У1; ПК-1.1-В1)

Задания по расчету размеров очага и коэффициентов деформации при прокатке могут быть расчетными и исследовательскими.

- 1) При выполнении расчетного задания необходимо для принятого режима обжатий полосы на стане определить размеры очага и значения коэффициентов деформации при прокатке.
- 2) При выполнении исследовательского задания необходимо вычислить значение длины очага деформации при различных обжатиях полосы и построить график зависимости длины очага деформации от обжатия.

1) Определить размеры очага и коэффициенты деформации при прокатке полосы толщиной 20 мм на стане с рабочими валками диаметром 700 мм, если перед прокаткой полоса имела толщину 30 мм и ширину 1000 мм.

2) Определить влияние обжатия на длину очага деформации при прокатке полосы в валках диаметром 500 мм, если обжатия принимают значения (мм):

$Dh_1=0,5$  ;  $Dh_2 = 1,0$  ;  $Dh_3 = 2,0$  ;  $Dh_4 = 4,0$  .

### Вариант 2

Задания по расчету и анализу условий захвата полосы валками могут быть расчетными, исследовательскими или проектировочными (для проектирования режима прокатки и размеров рабочих валков).

- 1) При выполнении расчетного задания необходимо для проектируемого режима прокатки на стане проверить, произойдет ли захват полосы валками.
- 2) При выполнении исследовательского задания необходимо определить влияние изменения режима прокатки или отдельного параметра на условия захвата металла валками.
- 3) При проектировании режимов обжатий и выдачи заданий на изготовление рабочих валков, обеспечивающих условия захвата металла на стане, необходимо задать максимальные значения технологических переменных, а затем определить требуемый диаметр рабочих валков, или наоборот.

1) Проверить режим на условие захвата полосы валками на слябинге 1300 при прокатке сляба с толщины 300 до 200 мм за проход при температуре раската 1190 0С и скорости 2,6 м/с.

2) До какой толщины можно обжимать сляб с исходной толщиной 400 мм в клети с рабочими валками диаметром 1050 мм, если условия, а следовательно, и коэффициенты контактного трения изменяются и принимают следующие значения:  $f = 0,40$  ;  $0,35$  ;  $0,25$  ;  $0,20$  .

3) Определить диаметр рабочих валков, обеспечивающих условие захвата раската на стане, где из заготовки толщиной 450 мм будут прокатываться полосы по различным режимам, если верхние границы основных параметров принимают следующие значения: относительное обжатие 25%, температура металла 1200 0С, скорость прокатки 2,8 м/с.

### Вариант 3

Задания по расчету и анализу условий захвата полосы валками могут быть расчетными, исследовательскими или проектировочными (по определению настройки скоростей непрерывных широкополосовых станов на устойчивую прокатку).

- 1) При выполнении расчетного задания необходимо определить опережение, отставание и скорости полосы на входе и выходе из валков прокатного стана при известном режиме обжатий и окружной скорости валков.
- 2) При выполнении исследовательского задания необходимо определить влияние изменения условий прокатки на кинематические закономерности процесса.
- 3) При выполнении заданий, связанных с определением параметров настройки непрерывного стана на прокатку с постоянным запасом полосы между клетями, т.е. с петлей, прокатку без натяжения или с заданным значением



межклетевого натяжения, задача сводится к вычислению скоростей валков и полосы по клетям стана.

- 1) Определить величины опережения, отставания и скорость полосы на выходе из клетки при прокатке ее за один проход при следующих данных: толщина полосы до прохода  $h_0 = 100$  мм, после прохода  $h_1 = 75$  мм, диаметр валков  $D = 700$  мм, окружная скорость валков  $v_b = 2,5$  м/с.
- 2) Определить влияние переднего натяжения на опережение и скорость выхода переднего конца полосы из листового стана кварто 500, имеющего диаметр рабочих валков 150 мм. Толщина полосы до прокатки 0,50 мм, после прокатки 0,35 мм, ширина полосы  $B_0 = B_1 = 400$  мм, коэффициент контактного трения  $m = 0,05$ , предел текучести полосы после прокатки  $s_{S1} = 500$  МПа, валки вращаются со скоростью 20 м/с. Переднее натяжение  $s_1$  изменяется и может принимать следующие значения:  
 $s_1/s_{S1} = 0,05; 0,1; 0,15; 0,20$ .
- 3) Из валков клетки № 6 непрерывной группы широкополосного стана 1700 горячей прокатки выходит полоса толщиной  $h_b = 2,0$  мм, шириной  $b = 1250$  мм со скоростью (с учетом опережения)  $v_6 = 15$  м/с. Определить скорости прокатки полосы в клетях № 5, 4, 3, 2, 1, если известен режим обжатий по клетям, мм:  
 $h_0 = 40; h_1 = 20; h_2 = 10; h_3 = 6,0; h_4 = 4,0; h_5 = 2,5$ .

#### Вариант 4

Задания по расчету энергосиловых параметров процесса прокатки могут быть расчетными, исследовательскими или проектировочными (элементы проектирования технологии и прокатного оборудования).

- 1) При выполнении расчетного задания необходимо по заданному (известному) режиму обжатий с учетом характеристик стана и условий деформации определить усилие, момент и мощность прокатки.
- 2) При выполнении исследовательского задания необходимо определить влияние каких-либо параметров прокатки или размеров валков на энергосиловые показатели процесса прокатки.
- 3) При проектировании режимов обжатий и выдачи заданий на изготовление рабочих валков, обеспечивающих условия их прочности, необходимо определить максимальное обжатие за проход.

- 1) Определить усилие и момент при холодной прокатке полосы из стали 08 кп в первой клетке четырехклетевого стана 1700 со скоростью 2,8 м/с. Диаметр рабочих валков 580 мм, толщина подката 3,5 мм, толщина полосы на выходе из первой клетки 2,4 мм, ширина полосы 1450 мм, заднее и переднее натяжение одинаковы и равны 40 МПа. Прокатка ведется на стальных шлифованных валках со смазкой – 10% эмульсия.
- 2) Исследовать влияние режима обжатий на усилие и момент при горячей прокатке полосы из стали 40X13 на стане 560. Построить графики влияния изменения обжатия на усилие и момент прокатки. Рабочие валки чугунные диаметром 400 мм, толщина полосы на входе 4,0 мм. Заднее натяжение  $s_0 = 0,1s_{S0}$ , переднее натяжение  $s_1 = 0,1s_{S1}$ . Ширина полосы 400 мм, температура прокатки 1000 °С. Величина обжатия полосы изменяется и принимает следующие значения:  
 $e = 10, 15, 20, 25$  и 30 %.
- 3) Исходя из прочностных характеристик валков определить максимальное обжатие за проход в четырехвалковой клетке стана 5000 при прокатке листа из стали X18H9T, Толщина листа на входе в клетку 140 мм, ширина 3350 мм, скорость прокатки 4,4 м/с. Валки стальные диаметром 1100 мм. Температура металла 1000 °С.

#### Вариант 5

Задания по расчету температуры полосы при прокатке могут быть расчетными (по определению составляющих теплового баланса прокатки) или исследовательскими (с целью анализа влияния технологических переменных на формирование температуры металла при прокатке).

- 1) При выполнении расчетного задания по определению температуры металла при прокатке необходимо вычислить все составляющие теплового баланса с учетом режима прокатки, компоновки клетей и конструкции стана.
- 2) При выполнении исследовательского задания необходимо определить и проанализировать влияние изменения различных технологических параметров прокатки на температуру металла.

- 1) Определить температуру сляба из стали 15ХН2МА после второго прохода в черновой реверсивной клетке ТЛС 5000. Начальные размеры сляба 300x1850x3300 мм, конечные размеры 250x2220x3300 мм. Температура нагрева металла 1180 °С, длина рольганга от печи до клетки 46,3 м, скорость 4,2 м/с. Разворот раската для разбивки ширины осуществляется на приемном рольганге перед клетью за 5 м до нее в течение 5 с. Скорость приемного рольганга 4,5 м/с, скорость прокатки 4 м/с, выброс листа из валков 3 м, время реверса 3 с, рабочие валки стальные диаметром 1130 мм, обжатия по проходам 30 и 20 мм соответственно.
- 2) Определить влияние изменения скорости прокатки на температуру сляба из стали 45 после первого прохода в черновой клетке стана 3600. Температура на входе в клетку  $T_0 = 1200$  °С, толщина на входе  $h_0 = 200$  мм, на выходе из валков  $h_1 = 164$  мм, длина сляба на входе  $L_0 = 3000$  мм. Скорость изменяется и принимает значения  $v = 1, 2, 3, 4$  м/с. Построить график влияния скорости прокатки на температуру сляба.

#### Вариант 6

При проектировании температурных режимов, заданных или оптимальных, необходимо для конкретного стана и его оборудования подобрать технологические переменные, обеспечивающие определенную температуру полосы, например, температуру конца прокатки или минимальную разницу температуры полосы по ее длине. Домашнее задание выполняется с помощью специально разработанных программ.

В чистовой клети толстолистового стана за четыре прохода прокатали лист из стали 09Г2С со следующими размерами 21,6 × 2500 × 15280 мм. Температура конца прокатки  $T_4 = 720$  0С, скорость прокатки  $v_{пр} = 6$  м/с,  $D_в = 950$  мм. Расстояние кромки листа от оси валков после остановки листа 3 м. Пауза между проходами при реверсе 3 с. Остальные исходные данные:  $Dh_4 = 1,3$  мм,  $Dh_3 = 1,6$  мм,  $Dh_2 = 2,1$  мм,  $Dh_1 = 2,4$  мм. Температура начала прокатки 780 0С. Определить температуру металла перед пятым проходом.

#### Вариант 7

Разработать режим прокатки для вновь проектируемого стана 5000 Магнитогорского металлургического комбината. Домашнее задание выполняется на ПК с помощью специально разработанных программ.

Рассчитать энергосиловые и температурно-деформационные параметры прокатки на реверсивном стане 5000 ковального сляба 185x1320x1550 из стали 12ХН3МДА. Температура нагрева 1180 0С, скорость транспортного рольганга 3,6 м/с, расстояние от печи до стана 47 м. Разворот раската при разбивке ширины осуществляется за 5 м до клети в течение 5 с, скорость рабочего рольганга стана 4,5 м/с, расстояние между тремя роликками 1550 мм, выброс металла из валков 3 м, время реверса 3 с. Скорость прокатки 4 м/с (при захвате 2,5 м/с), рабочие валки чугунные диаметром 1050 мм. Конечные размеры листа после разбивки ширины 65x2100x2750 мм, температура конца прокатки 945 0С. Допустимое усилие прокатки 30 МН, максимальный крутящий момент 3,0 МН·м.

#### Вариант 8

Определить размеры контактной поверхности при прошивке на стане с бочкообразными валками по следующим данным: диаметр валков в прижиме  $D = 700$  мм; угол входного и выходного конуса валков  $\alpha_1 = \alpha_2 = 0,061$  рад (3,50), угол подачи  $\beta = 0,102$  рад (60); коэффициенты осевого и тангенциального скольжения  $\eta_0 = 0,89$ ;  $\eta_t = 1$ ; диаметр заготовки  $d_з = 105$  мм; наружный диаметр гильзы  $d_{нг} = 107$  мм, толщина стенки гильзы 10 мм, диаметр оправки  $d_{оп} = 85$  мм, длина оправки 154 мм, диаметр носка оправки 10 мм. Расстояние между валками в прижиме 90 мм.

#### Вариант 9

По данным варианта 8 рассчитать среднюю скорость деформации при прошивке.

#### Вариант 10

По данным вариантов 8 и 9 определить давление на валки прошивного стана. Прошивке подвергается малоуглеродистая сталь при температуре 1150 0С с пределом текучести  $\sigma_t = 28$  МПа.

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

Билет для сдачи зачета состоит из трех вопросов. Первый и второй вопрос демонстрируют освоение компетенций дисциплины на уровнях знать и уметь. Третий вопрос - задача показывает освоение компетенций на уровне владеть.

Пример билета

1 Особенности прокатной клети станов винтовой прокатки

2 Характеристика, преимущества и недостатки дробного факторного эксперимента.

3 Задания по расчету и анализу условий захвата полосы валками могут быть расчетными, исследовательскими или проектировочными (по определению настройки скоростей непрерывных широкополосовых станов на устойчивую прокатку).

1) При выполнении расчетного задания необходимо определить опережение, отставание и скорости полосы на входе и выходе из валков прокатного стана при известном режиме обжатий и окружной скорости валков.

2) При выполнении исследовательского задания необходимо определить влияние изменения условий прокатки на кинематические закономерности процесса.

3) При выполнении заданий, связанных с определением параметров настройки непрерывного стана на прокатку с постоянным запасом полосы между клетями, т.е. с петлей, прокатку без натяжения или с заданным значением межклетевого натяжения, задача сводится к вычислению скоростей валков и полосы по клетям стана.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Методика оценивания контрольных работ и коллоквиумов

Оценивание ответов на теоретические вопросы

Оценка коллоквиумов

Оценка Критерии оценивания

5 «Отлично» Обучающийся глубоко и содержательно раскрывает ответ на каждый теоретический вопрос, не допустив ошибок. Ответ носит развернутый и исчерпывающий характер

4 «Хорошо» Обучающийся в целом раскрывает теоретические вопросы, однако ответ хотя бы на один из них не носит развернутого и исчерпывающего характера

3	«Удовлетворительно»	Обучающийся в целом раскрывает теоретические вопросы и допускает ряд неточностей
		Обучающийся фрагментарно раскрывает содержание теоретических вопросов, допускает значительные неточности
2	«Неудовлетворительно»	Обучающийся не знает ответов на поставленные теоретические вопросы
Оценка контрольной работы с задачами		
Оценка	Критерии оценивания	
5	«Отлично»	Обучающийся выполняет полное и аргументированное решение задачи
4	«Хорошо»	Обучающийся выполняет полное решение задачи, но не может аргументировать свое решение
3	«Удовлетворительно»	Обучающийся в целом правильно решает задачу, но не может аргументировать свое решение
		Обучающийся правильно понимает способ решения задачи, но допускает ошибки при решении задачи
2	«Неудовлетворительно»	Обучающийся не может решить задачу

К экзамену допускаются обучающиеся успешно закрывшие текущий контроль, а именно контрольную работу - коллоквиум на оценку "удовлетворительно" и выше, а так же выполнил домашнюю работу на оценку "удовлетворительно" и выше.

Если обучающийся не присутствовал на контрольной работе, ему необходимо написать ее перед датой, на которую назначен экзамен.

Обучающемуся, в случае получения оценки "неудовлетворительно" разрешается пересдавать контрольные работы и/или домашнюю работу не более одного раза.

#### Оценивание результатов выполнения Домашней работы

##### Выполнение работы:

в срок - 2 балла;

после установленного срока - 1 балл.

##### Оформление:

1 Выполнены все требования к оформлению работы - 4 балла

2 Основные требования к оформлению работы выполнены, но при этом допущены недочеты: - 3 балла имеются неточности в изложении материала;

отсутствует логическая последовательность в суждениях;

имеются упущения в оформлении

3 Имеются существенные отступления от требований к оформлению работы; допущены фактические ошибки в содержании - 1 балл.

##### Содержание:

1 Расчетно-графическая работа выполнена полностью в соответствии с выданным заданием - 4 балла

2 Расчетно-графическая работа выполнена, но не в полном соответствии с выданным заданием (не менее двух отклонений), присутствуют отдельные ошибки в расчетах и выводах - 3 балла

3 Расчетно-графическая работа выполнена частично, присутствуют существенные ошибки в расчетах и выводах - 1 балл

Максимальная оценка 10 баллов

##### Расшифровка баллов:

Оценка «отлично» - набранное число баллов составляет 9...10.

Оценка «хорошо» - набранное число баллов составляет 7...8.

Оценка «удовлетворительно» – набранное число баллов составляет 5...6.

Оценка «неудовлетворительно» - набранное число баллов составляет менее 5.

#### Методика проведения промежуточной аттестации "Экзамен"

Результаты обучения по дисциплине, характеризующие освоение совокупности компетенций (части компетенций).

#### "ОТЛИЧНО"

Компетенция сформирована

Обучающийся демонстрирует:

- глубокие знания содержания изученной дисциплины во взаимосвязи с другими дисциплинами;
- способность использовать теоретические знания при выполнении практических заданий;
- аргументированные, исчерпывающие ответы на все вопросы по билету, а также дополнительные вопросы экзаменатора;
- умение выполнять и обосновывать решение практических заданий высокого уровня сложности;
- наличие собственной обоснованной позиции по обсуждаемым вопросам;
- свободное использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы

#### "ХОРОШО"

Компетенция сформирована  
 Обучающийся демонстрирует:

- знание основных терминов по содержанию изучаемой дисциплины;
- твердые знания теоретического материала;
- умение дать четкие ответы на поставленные вопросы;
- умение решать практические задания;
- владение основной литературой, рекомендованной программой дисциплины.

Допускаются незначительные неточности в ответах на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий

**"УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО"**

Компетенция сформирована  
 Обучающийся демонстрирует:

- знания теоретического материала по изученной дисциплине;
- неполные ответы на основные вопросы, допуская ошибки в ответе; недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;
- неточные ответы на дополнительные вопросы;
- умение выполнять практические задания без грубых ошибок;
- недостаточное владение литературой, рекомендованной программой дисциплины

**"НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО"**

Компетенция не сформирована  
 Обучающийся демонстрирует:

- существенные пробелы в знаниях учебного материала;
- принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствие знаний и понимания основных терминов и определений;
- непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета;
- отсутствие навыка или существенные ошибки при выполнении практических заданий;
- незнание литературы, рекомендованной программой дисциплины

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Расовский М., Русинов А.	Теоретическая механика и механика сплошных сред: курс лекций: курс лекций	Электронная библиотека	Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2011
Л1.2		Теоретическая механика. Механика сплошных сред: учебное пособие	Электронная библиотека	Ставрополь: Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2014
Л1.3	Солодова Г. Г.	Психология и педагогика высшей школы: электронное учебное пособие: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2017
Л1.4	Ханефт А. В.	Механика сплошных сред: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2018
Л1.5	Коликов А. П., Романцев Б. А.	Теория обработки металлов давлением: учебник	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2015

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Федотов Б. В.	Общая и профессиональная педагогика. Теория обучения: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2011
Л2.2	Ханефт А. В.	Теоретическая механика: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2012
Л2.3	Алексеев С. В.	Теплофизика и аэромеханика: журнал	Электронная библиотека	Новосибирск: СО РАН, 2014
Л2.4	Рауз Х., Юфин А. П.	Механика жидкости: монография	Электронная библиотека	Москва: Издательство литературы по строительству, 1967

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.5	Романцев Борис Алексеевич, Гончарук Александр Васильевич, Вавилкин Николай Михайлович, Самусев Сергей Владимирович	Обработка металлов давлением: учебник для студ. вузов направл. Metallургия	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л2.6	Чибизова Светлана Игоревна, Шатохин Константин Станиславович, Беленький Анатолий Матвеевич	Методы экспериментального исследования теплофизических процессов (N 3558): курс лекций	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Апель П. Э., Малкин И. Г.	Теоретическая механика Аналитическая механика	Электронная библиотека	Москва: Гос. изд-во физико- математической лит., 1960
Л3.2	Урсулов А. В., Бострем И. Г., Казаков А. А.	Теоретическая механика: решение задач: учебное пособие	Электронная библиотека	Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2012

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ANSYS Academic Research CFD
П.2	КОМПАС-3D v17
П.3	Autodesk AutoCAD
П.4	Microsoft Office
П.5	LMS Canvas
П.6	MS Teams
П.7	Консультант Плюс
П.8	ОС Linux (Ubuntu) / Windows

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

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Г-128	Компьютерный класс	стационарные компьютеры 17 шт., пакет лицензионных программ MS Office, набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийный проектор, мультимедийная доска, комплект учебной мебели
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Г-121	Аудитория для самостоятельной работы :	комплект учебной мебели на 5 рабочих мест, оборудованных персональными копыютерами с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, сетевой принтер

**8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

1. Посещать все виды занятий.
2. Своевременно зарегистрироваться на рекомендованные электронные ресурсы -LMS Canvas и MS Teams.
3. При возникновении любых вопросов по содержанию курса и организации работы своевременно обращаться к преподавателю (в часы очных консультаций, через MS Teams или LMS Canvas).
4. Активно работать с нормативно-правовыми базами сайтов: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru), [www.garant.ru](http://www.garant.ru) и др., находящимся в открытом доступе в сети Интернет.
5. Иметь доступ к компьютеру, подключенному к сети Интернет.

Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей аттестации на [openedu.ru](http://openedu.ru) и LMS Canvas.

Дополнительная литература (с литературой можно работать на кафедре в часы консультации и СР)