

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
Институт новых материалов и технологий




УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке  
А.В. Германенко  
\_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Машины, агрегаты и технологические процессы**

<b>Перечень сведений о программе аспирантуры</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Программа аспирантуры</b> Машины, агрегаты и технологические процессы	<b>Код ПА</b> 2.5.21.
<b>Группа специальностей</b> Машиностроение	<b>Код</b> 2.5.
<b>Федеральные государственные требования (ФГТ)</b>	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
<b>Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)</b>	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022

Екатеринбург  
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Раскатов Евгений Юрьевич	Д.т.н., доцент	Заведующий кафедрой	Кафедра металлургических и роторных машин	

**Рекомендовано учебно-методическим советом института новых материалов и технологий**

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № 20220526-01 от 26.05.2022 г.



О.Ю. Корниенко

**Согласовано:**

Начальник ОПНПК



Е.А. Бутрина

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «МАШИНЫ, АГРЕГАТЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ»

## 1.1. Аннотация дисциплины

Дисциплина «Машины, агрегаты и технологические процессы» относится к базовой части программы аспирантуры.

Цель дисциплины – формирование у аспиранта углубленных профессиональных знаний, навыков и компетенций в области машин, агрегатов и технологических процессов, применяемых в металлургии и машиностроении.

Изучение дисциплины направлено на решение следующих задач:

- сформировать у аспиранта комплекс фундаментальных знаний в области наук, составляющих теоретическую основу научной специальности для научно-технического обоснования новых эффективных методов и технологий проектирования, создания и модернизации процессов, машин и агрегатов и их эксплуатации в различных отраслях промышленности;

- обучить аспиранта методологии теоретического и экспериментального исследования, диагностирования, моделирования и оптимизации процессов обработки давлением и технологического оборудования;

- обучить аспиранта методологии инженерно-технического творчества, сформировать у него навыки генерации инновационных идей в создании новых технологий и металлургического оборудования.

## 1.2. Язык реализации дисциплины – русский

## 1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результаты освоения дисциплины направлены на сдачу кандидатского экзамена по научной специальности 2.5.21. «Машины, агрегаты и технологические процессы», а также используются при научно-исследовательской деятельности и подготовке аспирантами диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

**Знать:** принципы построения математических моделей и возможности их использования для анализа и оптимизации металлургических процессов;

**Уметь:** выполнять основные этапы математического моделирования: постановку задачи и ее математическую формулировку;

**Владеть:** навыками применения математических моделей для решения практических задач анализа и оптимизации металлургических процессов.

## 1.4.Трудоемкость дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	6
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104	1	104
4.	Промежуточная аттестация	36	1	Экзамен
5.	Общий объем по учебному плану, час.	108	6,5	108
6.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
Р1	Задачи металлургического производства	Структура, продукты и грузопотоки современных металлургических заводов. Прогнозы производства металлов. Проблемы повышения качества производимого металла. Проблемы строительства современных металлургических агрегатов, повышения производительности труда и снижения удельных капитальных затрат. Структура и основные агрегаты современных металлургических заводов. Основные требования технологии металлургического производства к машинам и агрегатам
Р2	Процессы, машины и агрегаты для подготовки шихтовых материалов к доменной плавке	Исходные материалы: железные руды, марганцевые руды, флюсы. Способы подготовки шихтовых материалов к доменной плавке. Дробление и сортировка. Обогащение. Окускование. Технология производства железорудных окатышей. Устройство агломерационной фабрики. Машины агломерационной фабрики – конструкция и основные расчеты. Устройство фабрики по производству окатышей. Машины и агрегаты фабрик по производству окатышей
Р3	Процессы, машины и агрегаты доменных цехов	Устройство доменного цеха. Грузопотоки доменного цеха. Типы планировок доменного цеха. Устройство и схема работы доменной печи. Основные химические реакции, протекающие в доменной печи. Техничко-экономические показатели доменной плавки. Прямое восстановление железа из руд. Основные химические реакции, протекающие при прямом восстановлении железа. Техничко-экономические показатели и перспективы прямого восстановления железа из руд. Машины и агрегаты склада шихтовых материалов, типы и устройства механизированных складов. Типы и конструкции вагоноопрокидывателей. Расчет механизмов вагоноопрокидывателей с учетом режимов его работы; выбор электродвигателя. Типы и конструкции перегрузочных грейферных кранов. Расчет механизмов перегрузочного крана. Усреднительные комплексы машин. Штабелеукладчик. Заборщик-усреднитель. Лопастной питатель. Усреднительный комплекс машин мостового типа. Механизмы и машины бункерной эстакады. Бункерная эстакада. Системы подачи шихтовых материалов к скиповому подъемнику. Рудный перегрузочный вагон. Расчет механизмов рудного перегрузочного вагона. Вагон-весы. Расчет механизмов вагон-весов. Конвейеры для загрузки бункеров. Механизмы конвейерной системы подачи шихтовых материалов к скиповому подъемнику. Механизмы рассева и подачи кокса в скип. Система рассева и подачи кокса в скип. Механизмы для уборки коксовой мелочи. Машины для подачи шихтовых материалов к загрузочному устройству доменной печи. Устройство скипового подъемника. Наклонный мост. Скипы. Скиповые лебедки. Расчет скипового подъемника. Система конвейерной подачи шихтовых материалов. Колошниковое устройство доменной печи и его механизмы. Типовое двухконусное загрузочное устройство с электрическим приводом. Распределение шихтовых материалов при загрузке в доменную печь. Механизмы и машины для обслуживания леток доменных печей. Летки для выпуска чугуна и шлака из доменной печи. Типы и конструкции машин для вскрытия чугунной летки. Расчет механизмов сверлильной машины. Типы и конструкции машин для забивки чугунной летки (электрические пушки). Расчет механизмов электропушки (механизма поворота, механизма прижима, механизма выталкивания). Шлаковый стопор. Механизмы и машины литейного двора. Типы и устройство литейного двора. Чугуновозы и шлаковозы. Типы и конструкции чугуновозов.

		<p>Определение моментов при кантовании ковша чугуновоза. Типы и конструкции шлаковозов. Определение моментов при опрокидывании чаши и устойчивости шлаковоза. Процессы, машины и агрегаты для переработки жидких продуктов доменной плавки. Способы переработки жидких продуктов доменной плавки. Устройство отделения разлива чугуна. Типы и конструкции разливочных машин. Расчет производительности разливочной машины. Расчет мощности привода конвейера разливочной машины. Типы и конструкции устройств для кантования ковшей. Агрегаты нагрева и подачи дутья в доменную печь. Способ нагрева и подачи дутья в печь. Комплекс воздухонагревателей доменной печи. Типы, устройство и работа воздухонагревателей. Газовые горелки и клапаны нагревательного тракта. Клапаны и фурменные приборы тракта горячего дутья: отсечной клапан, атмосферный клапан, фурменный прибор. Приводы клапанов</p>
<p style="text-align: center;"><b>Р4</b></p>	<p>Процессы, машины и агрегаты сталеплавильных цехов</p>	<p>Машины и агрегаты для разделки металлического лома и переработки стружки. Копровая разбивка лома. Разделка лома взрывным способом. Резка металлического лома на ножницах. Огневая резка металлического лома. Брикетировочные прессы. Пакетировочные прессы. Агрегаты для извлечения металла из шлаковых отвалов. Миксерные отделения. Устройство миксерного отделения. Конструкции миксеров. Механизмы поворота миксера. Расчет привода механизма поворота миксера. Миксерные краны. Машины для скачивания шлака. Передвижные миксеры. Производство стали в конверторах. Кислородно-конверторные цехи. Устройство конверторного цеха. Устройство кислородного конвертора. Выбор основных параметров конверторов. Основные процессы, протекающие в кислородном конверторе. Технологические режимы продувки. Технико-экономические показатели кислородного конвертора. Расчет механизма поворота конвертора. Механизмы подачи кислородной фурмы. Расчет механизмов перемещения и поворота кислородной фурмы. Механизированные системы транспортирования и загрузки сыпучих материалов и раскислителей. Механизированные системы загрузки скрапа в конвертор. Механизированные системы подачи чугуна. Механизация работ при ремонте кислородных конверторов. Механизация работ на вспомогательных участках кислородно-конверторных цехов. Машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Классификация и типы МНЛЗ. Слябовые машины. Сортовые машины, Конструкция МНЛЗ. Оборудование разливочной площадки: подъемно-поворотные стеллажи стальной, тележка прокатной, прокатной. Оборудование технологической линии МНЛЗ: кристаллизаторы, механизм качания кристаллизатора, зона вторичного охлаждения, тянущая-правильная машина, затравки, механизм уборки и хранения затравок, машины для резки на мерные длины, клеймители, холодильники. Электромагнитное перемешивание. Расчет пропускной способности МНЛЗ. Расчет усилия вытягивания слитка. Законы качания кристаллизатора. Расчет параметров качания кристаллизатора. МНЛЗ горизонтального типа. Оборудование технологической линии машин горизонтального типа. Литейно-прокатные агрегаты для производства сортового проката. Литейно-прокатные агрегаты для производства листового проката. Машины для разлива стали в изложницы. Типы изложниц. Способы разлива стали. Разливка сверху. Сифонная разливка. Сталеразливочные ковши. Затворы сталеразливочных ковшей. Толкатели составов тележек с изложницами. Разливочные краны. Особенности расчета разливочных кранов. Машины для раздевания слитков и подготовки изложниц. Краны для раздевания слитков. Машины для чистки и смазки изложниц. Механизация работ по подготовке изложниц и составов с изложницами. Производство стали в электрических печах. Устройство и работа дуговых</p>

		<p>электрических печей. Технология выплавки стали в дуговых печах. Химические реакции, протекающие при плавке, стали в дуговых печах. Машины и агрегаты электросталеплавильных цехов. Классификация. Устройство и грузопотоки электросталеплавильных цехов. Конструкции механизмов электропечей. Регуляторы перемещения электродов дуговых электропечей. Крановые завалочные машины. Гидравлическая напольная завалочная машина. Машины для загрузки электропечей шлакообразующими материалами. Машины для горячего ремонта футеровки электропечей. Устройство и работа индукционных печей. Электроннолучевая плавка металлов. Электрошлаковый переплав. Вакуумирование стали. Машины и агрегаты установок электрошлакового переплава стали. Машины и агрегаты установок для электронно-лучевой плавки. Машины и агрегаты установок для вакуумирования и производства синтетических шлаков. Производство стали в мартеновских печах. Устройство мартеновской печи. Техничко-экономические показатели мартеновской плавки. Машины и агрегаты мартеновских цехов.</p>
<b>P5</b>	<p>Процессы, машины и агрегаты для получения цветных металлов и сплавов</p>	<p>Общие планировки заводов цветной металлургии. Структуры, продукты, грузопотоки. Оборудование складов сыпучих шихтовых материалов. Оборудование для бункерного хранения и дозирования. Конструкция и расчет питателей. Оборудование для классификации. Общие сведения о процессах. Конструкция и расчет грохотов. Процесс и оборудование для дробления и смешивания. Конструкция и элементы расчета основных механизмов дробилок и мельниц. Обоганительное оборудование. Процессы и оборудование для смешивания, окомкования и окускования. Оборудование для подачи сырых материалов к печи и для загрузки материалов в шихтоприготовительные и плавильные печи. Механическое оборудование топливных печей. Конструкция и расчет конвертеров горизонтальных, вертикальных фурмовщиков. Конструкция и элементы расчета печей – руднотермических, рафинировочных, вакуумно-дуговых, электронно-лучевых, электрошлакового переплава, плазменно-дуговых. Оборудование для рафинирования меди, никеля, электролиза магния, алюминия. Оборудование для уборки жидкого металла. Разливочные машины и оборудование. Конструкция и расчет карусельных машин, ленточных машин, установок полунепрерывного и непрерывного литья</p>
<b>P6</b>	<p>Машины и агрегаты прокатного, трубного и волочильного производства</p>	<p>Процессы и оборудование для прокатки. Назначение и классификация прокатных станов. Сортамент продукции, типы и назначение машин и агрегатов прокатных станов. Классификация станов по назначению, конструкции. Основные принципы построения технологического процесса прокатки: режим и качество нагрева, температурные поля, технология многослитковой прокатки. Технология производства заготовок (обжимные станы – слябинг, заготовочные станы). Конструкция и расчет обжимных и заготовочных станов, листовых станов горячей прокатки, сортовых станов горячей прокатки, проволочных станов и станов холодной прокатки. Теория расчета энергосиловых параметров прокатных станов: давление при горячей и холодной прокатке, усилия при горячей и холодной прокатке, моменты при горячей и холодной прокатке. Выбор мощности провода и его проверка. Главные линии рабочих клетей прокатных станов. Конструкция и расчет основных узлов рабочих клетей станов: валков различных типов, подшипников (в том числе жидкостного трения), подушек, механизмов и устройств для установки и уравнивания валков, нажимных механизмов, станин рабочих клетей, устройств для уменьшения разнотолщинности проката, привода валков рабочей клетки, шпинделей, муфт, шестеренных клетей, редукторов. Кинематические, прочностные и динамические расчеты. Выбор привода и</p>

		<p>его проверка. Машины и агрегаты поточных технологических линий. Ножницы с параллельными и наклонными ножами, дисковые ножницы, летучие ножницы, дисковые пилы, правильные машины, рольганги, подъемники, поворотные механизмы, толкатели, манипуляторы и кантователи. Конструкция и расчет моталок, разматывателей, отгибателей. Машины и агрегаты для отделки проката.</p> <p>Процессы и оборудование для производства труб. Классификация и сортамент труб. Основные процессы производства труб: горячедеформированных бесшовных труб, сварных труб и холоднодеформированных труб. Конструкция и расчет станов для прошивки трубной заготовки. Гидравлические трубопрутковые и прутковопрофильные прессы. Агрегаты непрерывной печной сварки труб. Трубоэлектросварочный стан Оборудование для формовки, сварки и калибровки, оборудование для резки и уборки труб. Оборудование линии подготовки – разматыватели, правильные машины, ножницы, стыкосварочные машины, тянущие ролики, петлеобразователи, дисковые ножницы. Современные конструкции формовочно-сварочных клетей. Двухвалковые сварочные узлы, многовалковые сварочные узлы и устройства, цепные опорно-сварочные узлы. Устройства для зачистки грата. Конструкция и расчет калибровочного инструмента. Станы холодной прокатки труб. Назначение и классификация станов. Конструкция и расчет станов холодной прокатки труб (ХПТ), многониточных станов и роликовых станов холодной прокатки труб (ХПТР). Трубоволоочильные станы.</p> <p>Волоочильные станы. Элементы теории процесса волочения металлов. Конструкция и расчет волоочильного оборудования. Барабанные волоочильные станы, станы однократного волочения, многократные волоочильные станы со скольжением и без скольжения на промежуточных барабанах, поточные линии волочения, станы тракового типа</p>
<p style="text-align: center;"><b>Р7</b></p>	<p style="text-align: center;">Динамика, надежность и долговечность металлургических машин</p>	<p>Динамические расчет металлургических машин. Колебательные процессы в машинах. Расчет динамической модели механической системы. Динамические нагрузки в машинах при различном характере технологического нагружения. Динамические нагрузки в линии привода от упругих ударов в зазорах. Параметрические колебания. Автоколебания в металлургических машинах. Пути снижения динамических нагрузок в металлургических машинах. Влияние режима работы обжимных, рельсобалочных, заготовочных, сортовых, листовых и универсальных станов на динамику главных линий. Эксплуатационная надежность систем транспортирования материалов, полуфабриката и готовой продукции в металлургических цехах. Современные методы расчета эксплуатационной надежности. Повышение долговечности основных элементов оборудования металлургических заводов. Выбор материалов и методов упрочняющей обработки деталей, полет агломерационных и обжиговых машин. Повышение срока службы деталей дробилок и грохотов. Стойкость и пути повышения долговечности деталей загрузочных устройств доменных печей. Пути повышения долговечности броневых плит по тракту перемещения шихтовых материалов. Повышение долговечности крановых колес. Срок службы и повышение долговечности элементов конвейерных систем. Повышение долговечности основных деталей завалочных и заправочных машин. Материалы и методы повышения долговечности прокатных валков и проводковой арматуры. Материал и методы повышения долговечности дисков пил и ножей для холодной и горячей резки металла. Материалы и методы повышения долговечности инструмента для деформирования металлов в холодном и горячем состоянии. Пути повышения долговечности шестерен, звездочек, валов, осей, деталей цепей и другого оборудования металлургических заводов</p>

### 3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1. Практические занятия

Не предусмотрено.

#### 3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

##### 3.2.1. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

##### 3.2.2. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

### 4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНАМ

#### 4.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе,	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обуче-	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увле-



	порученному делу	нию и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	ченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.
--	------------------	--	---

## 4.2. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

### 4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено.

### 4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Строение металлов. Типы кристаллических решеток.
2. Дефекты кристаллических решеток.
3. Математическая модель взаимодействия двух атомов в кристаллической структуре: изменение потенциальной энергии и сил взаимодействия в зависимости от расстояния между атомами.
4. Вычисление на основе математической модели взаимодействий двух атомов модуля упругости, частоты собственных колебаний атомов, коэффициента линейного расширения, критического касательного напряжения, необходимого для пластической деформации скольжения.
5. Возникновение дислокаций.
6. Силы взаимодействия двух дислокаций, расположенных в параллельных плоскостях, источники появления дислокаций в результате пластической деформации.
7. Плотность дислокаций.
8. Взаимодействие пересекающихся дислокаций.
9. Влияние границ зерен.
10. Упрочнение металлов, кривые упрочнения.
11. Эффект Баушингера, остаточные напряжения и накопление потенциальной энергии, текстуры пластической деформации, анизотропия свойств.
12. Влияние температуры на процессы, протекающие в кристаллических структурах.
13. Второй закон термодинамики и направленная диффузия атомов.
14. Рост зерен.
15. Факторы, влияющие на размер зерен: температура, степень пластической деформации.
16. Диаграммы рекристаллизации.
17. Понятия холодной, неполной холодной, горячей и неполной горячей пластической деформации, преимущества и недостатки указанных видов деформаций.
18. Влияние химического и фазового состава на пластичность металлов и сплавов.
19. Влияние структуры и ее неоднородности на пластичность металлов и сплавов.
20. Влияние на пластичность температурно-скоростных режимов пластического деформирования; схемы напряженного состояния.
21. Пластичность металлов в поле сверхвысокого гидростатического давления.
22. Особенности поведения тел с нанокристаллической структурой при обработке давлением.
23. Сверхпластичность сплавов и возможности ее использования при обработке давлением.
24. Элементы теории напряженно-деформированного состояния.
25. Компоненты тензоров напряжений, деформаций, скоростей деформаций, их инвариантные характеристики.
26. Круги Мора для напряжений и деформаций.
27. Условие сплошности материала.
28. Дифференциальные уравнения равновесия.
29. Соотношения между напряжениями, относительными деформациями и скоростями относительных деформаций при упругой и пластической деформации.
30. Обобщенный закон Гука.
31. Условия пластичности: энергетическое, постоянства максимальных касательных напряжений.
32. Учет упрочнения в условиях пластичности.

33. Частные случаи напряженно-деформированного состояния: плоская деформация, плоско-напряженное состояние.
34. Механизм контактного трения.
35. Влияние физико- химического состояния поверхностей заготовки и инструмента, температуры, скорости деформирования и нагрузок на величину сил, вызываемых трением.
36. Законы трения.
37. Жидкостное трение и гидродинамический эффект.
38. Технологические смазывающие материалы.
39. Накопление повреждений.
40. Предельные диаграммы пластичности и их использование при расчетах технологических процессов обработки давлением.
41. Восстановление запаса пластичности.
42. Пластичность металла в условиях горячей деформации.
43. Граничные условия при решении задачи нагрева и охлаждения.
44. Методы решения задачи расчета напряженно- деформированного состояния (НДС) при разрывом пластическом течении.
45. Инженерный метод.
46. Метод приближенных (одномерных) уравнений пластического равновесия.
47. Основные допущения при построении приближенных уравнений равновесия и состояния пластичности.
48. Определение деформирующей силы на примере операции осадки цилиндрической заготовки.
49. Метод линий скольжения (характеристик).
50. Способы построения сеток линий скольжения на основе теорем Генки, Прандтля и матрично- операторный метод.
51. Свойства линий скольжения, годограф скоростей.
52. Определение напряжения и удельной деформирующей силы для осадки бесконечно длинной заготовки между двумя шероховатыми плитами.
53. Вариационный энергетический метод.
54. Понятие функционала, функционалы Лагранжа, Костельяно, Колмогорова.
55. Постановка задачи, основное вариационное уравнение.
56. Примеры выбора кинематически возможных полей скоростей.
57. Граничные условия, разрывы скоростей.
58. Верхняя и нижняя оценки деформирующих сил.
59. Решение краевой задачи дискретизацией очага деформации.
60. Конечно-разностный метод.
61. Метод конечного элемента.
62. Применение метода конечных элементов в поле переменных температур.
63. Метод граничного элемента.
64. Моделирование процессов ОМД.
65. Математическое и физическое моделирование технологических процессов обработки давлением, их оптимизация. Управление процессами.
66. Характерные особенности термомеханических режимов пластического деформирования специальных сплавов: быстрорежущих, коррозионно-стойких, жаропрочных сталей, алюминиевых сплавов, медных сплавов, титановых сплавов.
67. Основные положения для выбора материала инструмента.
68. Учет температурных и силовых условий его эксплуатации.
69. Метод координатных сеток.
70. Методика обработки измерения деформаций, поляризационно-оптический и метод муара, их использование при расчете напряжений методом «визиопластичности».
71. Методы и аппаратура для измерения сил деформирования, моментов, контактных напряжений.
72. Методы и средства измерения температуры деформируемого металла.

73. Влияние силового, теплового, скоростного (импульсного или динамического), электроэнергетического и магнитосилового и др. возможных воздействий на механические характеристики материалов и их технологические свойства.
74. Классификация типовых исполнительных механизмов машин дискретного и непрерывного действия для обработки металлов давлением.
75. Кинематика кривошипно-шатунного механизма кривошипного пресса, влияние конструктивных параметров.
76. Кинематика универсальных шарниров в шпинделях прокатных станов.
77. Учет сил трения в кинематических парах, учет сил инерции.
78. Статика кривошипно-шатунного механизма пресса.
79. Расчет передаваемого крутящего момента.
80. Анализ условий заклинивания.
81. Этапы энергетических расчетов механизмов, приведение сил и масс к начальному звену, составление уравнений движения механизма.
82. Энергетический расчет кривошипно-шатунного механизма пресса.
83. Влияние конструктивных параметров на коэффициент полезного действия кривошипного пресса.
84. Расчет маховика.
85. Влияние скоростей скольжения и нагрузок на условия трения.
86. Механизм действия смазок, эффект Ребиндера.
87. Износ при трении.
88. Требования к фрикционным материалам в связи с их использованием во фрикционных муфтах включения и тормозах прессов.
89. Основные положения расчета фрикционных муфт включения и тормозов прессов.
90. Теоремы о сохранении количества движений и главного момента количества движения в замкнутой системе при ударе.
91. Прямой центральный удар.
92. Коэффициент восстановления.
93. Потеря кинетической энергии при неупругом ударе.
94. Расчеты энергии, силы и к.п.д. удара молотов.
95. Расчет рабочей клетки стана на опрокидывание в момент захвата заготовки.
96. Основные характеристики механических колебаний.
97. Дифференциальные уравнения свободных и вынужденных колебаний одно- и многомассовых систем. Условия резонанса.
98. Теории прочности, учет различного сопротивления материалов сжатию и растяжению.
99. Усталостная прочность.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1. Рекомендуемая литература**

#### **5.1.1. Основная литература**

1. Машины и агрегаты металлургических заводов, т. 1. – М.: «Металлургия», 1987, с. 440/ авт.: Целиков А.И., Полухин П.И., Гребеник В.М. и др./
2. Машины и агрегаты металлургических заводов. Т. 2. – М.: «Металлургия», 1988, с 431 / авт.: Целиков А.И., Полухин П.И., Гребеник В.М. и др./
3. Машины и агрегаты металлургических заводов. Том 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката. Учебник для ВУЗов /А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребеник и др. – М.: Металлургия. 1988. – 680 с.
4. Машиностроение, Энциклопедия т.IV-5. – Машины и агрегаты металлургического производства /Н.В. Пасечник, В.М. Синицкий, В.Г. Дрозд и др. – М.: «Машиностроение», 2000. 912 с.

5. Когос А.М. «Механическое оборудование волочильных и лентопрокатных цехов» - М.: «Металлургия», 1964, 392 с.
6. Иванченко Ф.К., Полухин П.И., Тылкин М.А., Полухин В.П. Динамика и прочность прокатного оборудования. – М.: «Металлургия», 1970, 488 с.
7. Данилов Ф.А., Глейберг А.З., Балакин В.Г. «Горячая прокатка и прессование труб». – М.: «Металлургия», 1972, 591 с.
8. Коган Л.С., Санко А.И., Жук А.Я. Механическое оборудование заводов цветной металлургии. Часть 2. Механическое оборудование цехов для производства цветных металлов. М. «Металлургия», 1988 г. 328 с.
9. Живов, Л. И. Кузнечно-штамповочное оборудование : учебник / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников, Е. Н. Складчиков ; под ред. Л. И. Живова .— М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006 .— 560 с.
10. Попов, Е.А. Технология и автоматизация листовой штамповки : учебник для вузов / Е. А. Попов, В. Г. Ковалев, И. Н. Шубин .— 2-е изд., стер. — М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003 .— 480 с.
11. Ковка и штамповка : справочник : в 4 т. Т. 1. Материалы и нагрев, оборудование, ковка / [А. Ю. Аверкиев и др.] ; под ред. Е. И. Семенова / ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) [и др.] .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2010 .— 716 с.
12. Ковка и штамповка : справочник : в 4 т. Т. 2. Горячая объемная штамповка / [А. П. Агрощенко и др.] ; под ред. Е. И. Семенова / ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) [и др.] .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2010 .— 719 с.
13. Ковка и штамповка : справочник : в 4 т. Т. 3. Холодная объемная штамповка. Штамповка металлических порошков / [Е. Г. Белков и др.] ; под ред. А. М. Дмитриева / ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) [и др.] .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2010 .— 348 с.
14. Ковка и штамповка : справочник : в 4 т. Т. 4. Листовая штамповка / [А. Ю. Аверкиев и др.] ; под ред. С. С. Яковлева / ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) [и др.] .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2010 .— 731 с.
15. Гун, Г. Я. Теоретические основы обработки металлов давлением. (Теория пластичности) : учеб. для вузов по специальности "Обраб. металлов давлением" / Г. Я. Гун ; под ред. П. И. Полухина .— Москва : Металлургия, 1980 .— 456 с.
16. Громов, Н. П. Теория обработки металлов давлением : Учебник для вузов .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Металлургия, 1978 .— 360 с.

#### **5.1.2. Дополнительная литература**

1. Полухин, П. И. Сопrotивление пластической деформации металлов и сплавов : Справочник / П.И. Полухин, Г.Я. Гун, А.М. Галкин .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Металлургия, 1983 .— 351 с.
2. Зыков, Юрий Сергеевич. Теория волочения сплошных профилей : Учеб. пособие .— Киев : УМК ВО, 1991 .— 114 с.
3. Экспериментальные методы механики деформируемых твердых тел. Технологические задачи обработки давлением / [В. К. Воронцов, П. И. Полухин, В. А. Белевитин, В. В. Бриза] .— Москва. : Металлургия, 1990 .— 479 с.

#### **5.2. Методические разработки**

Не используются.

#### **5.3. Программное обеспечение**

Электронные таблицы MS Excel, MS Word, MS PowerPoint

#### **5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

- Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ. – Режим доступа:

<http://study.urfu.ru/info/>, свободный. – Загл. с экрана.

- Электронная база нормативных документов ГОСТЭКСПЕРТ. – Режим доступа :

<http://gostexpert.ru/> , свободный. – Загл. с экрана.

- Поисковые системы: [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [google.ru](http://google.ru) [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru),

### **5.5. Электронные образовательные ресурсы**

Все аспиранты имеют полный доступ к перечисленным ресурсам, в т.ч. через авторизованный доступ из сети интернет:

1. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>;
2. Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>;
3. Электронный каталог <http://opac.urfu.ru>;
4. Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>;
5. Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>;
6. Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Уральский федеральный университет имеет специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.