

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке

В.В. Кружаев
В.В. Кружаев

2014г.



ПРОГРАММА

вступительных испытаний в аспирантуру по направлению подготовки

15.06.01 - Машиностроение

Екатеринбург

2014

	Содержание	Стр.
1. Назначение и область применения		3
2. Содержание программы		3
4. Вопросы для вступительного испытания		3
4. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру		16
5. Список рекомендуемой литературы (основная и дополнительная)		17
5. Рекомендуемые Интернет-ресурсы		20
Лист согласования		22

1. Назначение и область применения

Программа определяет требования к содержанию вступительных испытаний в аспирантуру по направлению Машиностроение, составлена на основании федеральных государственных требований к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура), программ-минимумов кандидатского экзамена по специальностям данного направления, паспортов специальностей научных работников.

Предназначена для выпускников вузов, имеющих диплом специалиста или магистра.

2. Содержание программы

2.1. Турбомашины и комбинированные турбоустановки

- 2.1.1 Термодинамика и тепломассообмен.
- 2.1.2 Паротурбинные установки (ПТУ). Паровые турбины ТЭС.
- 2.1.3 Газотурбинные установки. Газовые турбины и компрессоры. Камеры сгорания и теплообменники ГТУ
- 2.1.4 Энергетические машины. Ступень осевой турбомшины
- 2.1.5 Материаловедение. Динамика и прочность турбомашин.
- 2.1.6 Автоматическое регулирование и защита турбоустановок.

2.2. Технологии и машины обработки давлением.

- 2.2.1. Теория обработки металлов давлением.
- 2.2.2. Основы теорий процессов обработки давлением.
- 2.2.3. Технологии производства продукции методами обработки давлением.
- 2.2.4. Машины и агрегаты прокатного, трубного и волочильного производства

2.3. Машины, агрегаты и процессы (в металлургическом производстве)

- 2.3.1. Задачи металлургического производства
- 2.3.2. Процессы, машины и агрегаты для подготовки шихтовых материалов к доменной плавке
- 2.3.3. Процессы, машины и агрегаты доменных цехов
- 2.3.4. Процессы, машины и агрегаты сталеплавильных цехов
- 2.3.5. Процессы, машины и агрегаты для получения цветных металлов и сплавов
- 2.3.6. Машины и агрегаты прокатного трубного и волочильного производства
- 2.3.7. Динамика, надёжность и долговечность металлургических машин

3. Вопросы для вступительного испытания

3.1. Турбомашины и комбинированные турбоустановки

Первый закон термодинамики. Примеры его использования при анализе процессов, протекающих в ПТУ и паровой турбине.

Второй закон термодинамики, его приложение к анализу циклов и процессов в ПТУ.

Идеальный газ. Термодинамическое и молекулярно-кинематическое определение идеального газа. Термодинамическое уравнение состояния идеального газа.

Водяной пар как рабочее тело, его особенности. Уравнение идеального пара. Термодинамические свойства реального пара, способы их представления, T, S и P, S – диаграммы. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара.

Термодинамический цикл, его основные составляющие. Цикл Карно; возможность его реализации в ПТУ. Цикл Ренкина, его основные характеристики. Термический КПД цикла.

Термодинамический цикл ГТУ, его показатели. Пути повышения эффективности циклов ГТУ.

Комбинированные парогазовые установки. Основные схемы. Перспективы применения ПГУ в энергетике. Парогазовые установки с высоконапорным парогенератором. Парогазовые установки с низконапорным парогенератором. Парогазовые установки с котлами-утилизаторами (Бинарные ПГУ).

Теплообмен, виды теплообмена. Кондуктивный теплообмен: уравнение теплопроводности, границы и начальные условия. Способы решения уравнения теплопроводности. Конвективный теплообмен, коэффициент теплоотдачи. Критериальное уравнение для определения коэффициентов теплоотдачи. Теплообмен при течении рабочего тела в трубе и межтрубном пространстве. Радиационный теплообмен. Вспомогательное оборудование ГТУ.

КПД паротурбинной установки, его составляющие. Способы повышения КПД ПТУ.

Влияние параметров свежего пара на экономичность и надёжность ПТУ. Выбор параметров свежего пара. Стандартные параметры свежего пара для турбин ТЭС и АЭС.

Влияние давления пара в конденсаторе на экономичность турбоустановки. "Экономический вакуум".

Назначение, состав и схема конденсационной установки. Конструктивная схема конденсатора. Взаимодействие основных потоков в конденсаторе.

Тепловой расчёт конденсатора. Величины, определяющие эффективность работы конденсатора.

Основные факторы, влияющие на величину давления пара в конденсаторе. Воздушная плотность вакуумной системы. Контроль воздушной плотности. Нормы присоса для турбин различных типов. Отложения на поверхностях трубного пучка, борьба с отложениями.

Регенеративный подогрев питательной воды, его влияние на экономичность турбоустановки. Эффективность многоступенчатого подогрева.

Конструктивные схемы ПНД и ПВД турбин ТЭС. Типовые конструкции подогревателей поверхностного и смешивающего типа.

Схемы отвода конденсата греющего пара (дренажа) из подогревателей системы регенерации. Применение охладителей дренажа, их влияние на экономичность ПТУ.

Пароохладители в схеме регенеративного подогрева питательной воды. Различные варианты включения пароохладителей.

Деаэрация питательной воды в схеме ПТУ. Физико-химические основы термической деаэрации. Конструктивная схема деаэратора. Включение деаэратора в схему ПТУ. Возможность применения бездеаэраторных схем ПТУ.

Насосы в схеме ПТУ. Типы насосов. Характеристики насосов. Параллельная и последовательная работа насосов. Регулирование напора и подачи насосов.

Питательные насосы в схеме ПТУ. Различные варианты включения питательных насосов в схему, их достоинства и недостатки. Явление кавитации; способы предотвращения кавитации, применение бустерных насосов.

Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии. Теплофикационная установка в схеме ПТУ. Конструкция сетевых подогревателей, их включение в схему ПТУ.

Типы тепловых электростанций. Технологическая схема ТЭС. Технико-экономические и энергетические показатели работы ТЭС и ТЭЦ.

Способы повышения экономичности. Регенеративные ГТУ. Степень регенерации. Достоинства и недостатки регенеративных ГТУ. Влияние температур газа и воздуха на показатели ГТУ простого цикла. Влияние потерь по тракту и КПД турбины и компрессора на показатели ГТУ простого цикла.

Классификация теплообменных аппаратов ГТУ и ГПА. Основы теплового и гидравлического расчётов теплообменников. Конструкции теплообменников, применяемых в ГТУ. Основные требования к камерам сгорания. Виды топлив, применяемых в камерах сгорания ГТУ, и их основные характеристики. Принципы организации рабочего процесса в камерах сгорания ГТУ. Типы камер сгорания ГТУ. Основные элементы конструкции. Экологические характеристики камер сгорания.

Турбинные решётки. Основные характеристики. Обозначение сопловых и рабочих решёток. Выбор профилей.

Потери энергии при течении пара в ступени. Деление потоков на основные и дополнительные. Относительный лопаточный и внутренний относительный КПД ступени. Характеристическое отношение скоростей в ступени, его влияние на КПД ступени; оптимальное значение характеристического отношения скоростей.

Степень реактивности ступени. Активные и реактивные ступени. Изменение степени реактивности по высоте ступени. Выбор степени реактивности. Влияние степени реактивности на оптимальный теплоперепад ступени. Выбор оптимального теплоперепада.

Последовательность расчёта ступени. Расчёт и построение треугольников скоростей в ступени.

Типы ступеней, применяемых в паровых турбинах. Ступени давления и ступени скорости. Ступени с парциальным подводом пара; понятие степени парциальности. Применение ступеней скорости и ступеней с парциальным подводом пара.

Законы закрутки лопаток, их влияние на характеристики ступеней. Применение различных законов закрутки в ступенях паровых и газовых турбин.

Утечки пара в ступени. Уплотнения в ступени. Конструкция и расчёт.

Уравнение радиального равновесия. Закон закрутки ступеней.

Радиальные и осевые зазоры в проточной части паровых и газовых турбин.

Роль диффузора в тракте газовой турбины.

Характеристики нагруженности газовой турбины.

Предельный теплоперепад ступени газовой турбины по условиям прочности.

Торцевая площадь газовой турбины. Предельный расход.

Многоступенчатые паровые турбины, достоинства и недостатки. Основные конструктивные схемы: турбины камерного типа с активным облопачиванием; реактивные турбины с ротором барабанного типа; сравнительная характеристика, основные преимущества и недостатки.

Концевые уплотнения паровой турбины. Система концевых уплотнений, основные задачи, ею решаемые.

Осевые усилия, действующие на ротор паровой турбины; факторы, обуславливающие величину осевого усилия. Способы уравнивания осевых усилий.

Эрозия лопаточного аппарата. Способы снижения эрозии и защита элементов проточной части от эрозии.

Предельная мощность однопоточной турбины; пути повышения предельной мощности турбин. Пропускная способность последней ступени конденсационной турбины; способы ее увеличения. Достижения отечественного и мирового паротурбостроения в создании лопаток предельной длины.

Опирающие турбины на фундамент. Организация тепловых расширений статора многоцилиндровой паровой турбины.

Типы парораспределения, применяемые в паровых турбинах. Их сравнительная характеристика. Область применения каждого типа парораспределения (при регулировании мощности турбины методом постоянного давления).

Регулирующая ступень ЦВД (РС ЦВД), её особенности. Влияние РС на экономичность ЦВД при номинальном режиме и при частичных нагрузках. Выбор теплоперепада и числа сопловых групп РС.

Классификация паровых турбин. Турбины конденсационные и теплофикационные. Маркировка паровых турбин по ГОСТу. Турбины с противодавлением, назначения, характеристика, особенности конструкции и схемы. Маркировка турбин и их применение.

Турбины со ступенчатым подогревом сетевой воды (типа "Т"); особенности схемы и конструкции. Регулирование отпуска теплоты потребителю. Встроенный пучок в конденсаторе, его использование. Маркировка турбин.

Турбины с двумя регулируемыми отборами пара, назначение и применение. Особенности схемы и конструкции. Регулирование давления пара в отборах. Маркировка турбин.

Последовательность расчёта паротурбинной установки и собственно турбины при проектировании.

Цилиндры с унифицированными ступенями. Преимущества применения унифицированных ступеней. Выбор числа ступеней при проектировании и последовательность расчёта цилиндра с унифицированными ступенями.

Особенности конструкции промотсека теплофикационной турбины со ступенчатым подогревом сетевой воды. Особенности расчёта и выбора проточной части промотсека.

Системы маслоснабжения и смазки паровых турбин. Основные варианты схем, их особенности, достоинства и недостатки. Турбинные масла, их физико-химические свойства.

Особенности конструкции газовых турбин.

Характеристики нагруженности газовой турбины.

Проблемы, связанные с ростом температуры газов перед газовой турбиной. Охлаждение роторов и лопаток газовой турбины. Охлаждение статоров ГТ.

Степень повышения давления, работа сжатия и КПД компрессорной ступени.

Газодинамические и геометрические параметры ступени осевой компрессорной ступени. Характеристика потерь энергии в ступени компрессора.

Связь между параметрами ступени и компрессора. Распределение напора по ступеням.

Срывные и неустойчивые режимы работы ступени турбины.

Неустойчивые режимы работы многоступенчатого компрессора. Помпа в осевом компрессоре.

Регулирование осевых компрессоров.

Конструкции рабочих и направляющих лопаток осевых компрессоров.

Роторы осевых компрессоров.

Материалы, применяемые в турбостроении. Обозначение металлических материалов. Стали, применяемые в турбостроении. Влияние легирования сталей различными элементами на их свойства. Обозначения сталей.

Нагружение металлов. Напряжения. Деформации: упругие и пластические Предел текучести. Предел временного сопротивления.

Явление ползучести металлов. Релаксация напряжений. Предел ползучести. Предел длительной прочности. Запасы длительной прочности при различных режимах.

Циклическое нагружение металлов. Усталостное разрушение. Предел выносливости. Малоцикловая и термическая усталость. Запасы прочности.

Основные виды термической обработки стали. Влияние термообработки на механические свойства заготовок и деталей.

Основные виды нагруженного состояния, свойства материалов и запасы прочности при статических и переменных напряжениях.

Конструкция корпусов цилиндров паровой турбины. Особенности конструкции ЦВД и ЦСД; применение двухстенных и трехстенных конструктивных схем. Особенности конструкции тонкостенных корпусов ЦНД.

Опорные и упорные подшипники турбомашин; назначение и особенности конструкции. Несущая способность опорных и упорных подшипников. Влияние конструкции опорных подшипников на вибрацию валопровода. Варианты расточки вкладышей опорных подшипников; применение сегментных подшипников.

Конструктивное исполнение роторов турбин. Достоинства и недостатки различных конструкций. Область применения роторов различного конструктивного исполнения. Нагрузки, действующие на элементы ротора. Критическое сечение валов.

Диафрагмы и обоймы паровой турбины. Особенности конструкции различных элементов и их назначение. Виды нагрузок, действующие на диафрагмы. Прочностные расчёты диафрагм.

Конструкция рабочих лопаток турбин. Типы хвостовиков, применяемых в паро- и газотурбостроении. Нагрузки, действующие на рабочие лопатки. Прочность хвостовиков и лопаток. "Критическое" сечение лопаток.

Нагрузки, действующие на корпус паровой турбины. Расчёт толщины стенки корпуса. Учёт температурных напряжений.

Обеспечение плотности фланцевых соединений корпусов турбин. Учёт релаксации напряжений при расчётах.

Основные причины, вызывающие вибрацию турбомашин. Обратная, высокочастотная и низкочастотная вибрации.

Балансировка роторов и валопроводов. Статистическая и динамическая балансировка. Бьющая точка и фазовый угол. Измерение вибрации и угла. Балансировка жёстких роторов. Низкочастотная балансировка.

Балансировка гибких роторов. Балансировка в диапазоне рабочих частот вращения. Балансировка по собственным формам и по коэффициентам влияния.

Собственные частоты и формы колебаний лопаток пакетов. Возмущающие силы в турбомашине. Вынужденные колебания лопаток. самовозбуждающиеся колебания лопаток.

Общие задачи системы автоматического регулирования (САР) паровой турбины. Основные элементы системы регулирования и их назначение. Регулятор скорости, золотники, сервомоторы. Принцип действия САР паровой турбины при регулировании частоты вращения. Статическая характеристика САР паровой турбины, степень неравномерности, степень нечувствительности. Динамический заброс оборотов.

Регулирование давления в теплофикационных отборах и выхлопе турбины с противодавлением. Регулятор давления. Особенности САР теплофикационных турбин. Электрогидравлические САР паровых турбин.

Общие задачи регулирования газотурбинных установок. Регулирование энергетических ГТУ. Регулирование газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом нагнетателя природного газа. Регулирование транспортных ГТУ. Регулирование

частоты вращения ГТУ. Регулирование ГТУ первого рода. Регулирование ГТУ второго рода. Регулируемый сопловой аппарат свободной турбины.

Типы систем регулирования газотурбинных установок.

Работа системы автоматического регулирования при пуске ГТУ.

Работа системы автоматического регулирования при останове ГТУ.

3.2. Технологии и машины обработки давлением

Теория пластичности. Деформация сплошной среды. Переменные Лагранжа и Эйлера. Тензоры конечных деформаций. Тензор малой деформации. Девиатор деформации. Инварианты тензора и девиатора деформации. Главные деформации, интенсивность деформаций сдвига. Течение сплошной среды. Поле вектора скорости. Линии тока и траектории. Тензор и девиатор скорости деформации, их инварианты. Главные скорости деформации, интенсивность скоростей деформаций сдвига. Степень деформации сдвига. Уравнение неразрывности и несжимаемости. Напряжения. Пластическое состояние. Напряженное состояние. Тензор напряжений, девиатор напряжений и их инварианты. Главные нормальные и касательные напряжения. Напряжения на наклонной площадке. Уравнения связи напряженного и деформированного состояний. Простейшие реологические модели. Условия пластичности. Краевая задача теории пластичности. Методы решения краевых задач.

Строение металлов. Анизотропия свойств монокристаллов. Дефекты кристаллического строения металлов. Пластическая деформация монокристаллов. Механизмы деформации. Скольжение. Системы скольжения в кристаллах различного типа (ГЦК, ОЦК, ГПУ). Основы теории дислокаций. Пластическая деформация с позиций теории дислокации. Температурно-скоростные зависимости характеристик прочности и пластичности монокристаллов. Пластическая деформация и разрушение поликристаллов. Особенности деформации поликристаллов. Неравномерность деформации. Механизмы деформации и упрочнения поликристаллов. Влияние холодной деформации на структуру и свойства поликристаллов. Процессы, происходящие при нагреве наклепанного металла: возврат, полигонизация, рекристаллизация. Влияние нагрева на структуру и свойства наклепанного металла. Диаграмма рекристаллизации 1 рода. Горячая деформация поликристаллов. Особенности и механизмы. Механизмы термической пластичности. Влияние горячей деформации на структуру и свойства. Диаграмма рекристаллизации 2 рода. Классификация процессов ОМД по температурным условиям.

Методы экспериментальных исследований процессов ОМД. Теория подбоя в процессах обработки металлов давлением. Тензометрирование и его использование для исследований напряжений, усилий деформирования, перемещений, скоростей и др. Методы исследований деформаций: координатные сетки, линии тока, муаровые полосы. Оптические методы исследований деформаций и напряжений. Исследования деформированного состояния методом твердости, рекристаллизованного зерна и рентгенографическими методами. Границы применимости экспериментальных методов, их точность и чувствительность. Методы планирования экспериментов и обработка экспериментальных данных.

Внешнее трение в процессах ОМД. Физическая природа трения. Виды и законы трения. Зависимость сил трения от температуры, степени и скорости деформирования, давления, физико-химических свойств контактируемых поверхностей и др. факторов. Анизотропия трения. Методы экспериментального исследования трения. Смазки, их свойства, назначение и основные требования к ним. Соппротивление металлов пластическому деформированию.

Сопротивление деформации: определение, влияние степени и скорости деформации, температуры, истории деформирования, внешней среды. Экспериментальные методы определения, расчёт сопротивления деформации.

Аналитические методы определения усилий деформации. Метод совместного решения дифференциального уравнения равновесия и уравнения пластичности, методы линий скольжения и характеристик, метод работ, вариационные методы. Сопоставление различных методов расчёта усилий. Работа и мощность деформации. Тепловыделения в процессе деформации.

Пластичность и разрушение. Пластичность и деформируемость металлов и методы определения. Основные факторы, влияющие на пластичность, схема напряжённого состояния, внешняя среда и др. Виды разрушения при пластической деформации. Феноменологические теории разрушения. Трещины. Накопление повреждений. Диаграмма пластичности. Деформация металлических материалов в состоянии сверхпластичности.

Основы математического моделирования процессов ОМД. Понятие математической модели, общие принципы и этапы построения математической модели. Применение численных методов для анализа и расчёта процессов ОМД. Постановка и пути решения оптимизационных задач. Особенности построения математических моделей процессов ОМД. Моделирование процессов: продольная прокатка на гладкой бочке; прокатка в калибрах; радиально-сдвиговая и поперечная прокатка; винтовая прокатка; пилигримовая прокатка; прокатка сварных труб; холодная прокатка труб; волочение; прессование; ковка; объёмная и листовая штамповка.

Теория продольной прокатки на гладкой бочке. Очаг деформации, совокупность параметров, описывающих его геометрию. Условия захвата полосы валками. Трение при захвате и установившемся процессе прокатки. Влияние технологических и конструктивных параметров на условия захвата полосы валками. Анализ скоростей пластического течения в очаге деформации. опережение, отставание, расчётные формулы для их определения. Нейтральный угол. Связь между характеристическими углами. Влияние технологических параметров на величину опережения. Уширение и факторы, влияющие на его величину. Неравномерность уширения в очаге деформации. Влияние формы (геометрии) очага деформации, внешних зон, температуры, условий трения и структурного состояния на величину уширения.

Теория прокатки в калибрах. Особенности процесса прокатки в калибрах. Аналитическое описание формы калибров, показатель и коэффициент формы. Уравнение постоянства объёмов при прокатке в калибрах. Критерий неравномерности распределения обжатий по ширине калибра. Внеконтактная деформация и понятие средней вытяжки в калибрах. Неравномерность деформации при прокатке в калибрах. Зоны затруднённой деформации. Влияние формы калибра и раската на формоизменение и напряжённое состояние металла. Расчёт уширения в калибрах. Распределение контактных напряжений в очаге деформации. Расчёт среднего давления и усилий прокатки в калибрах. Радиально-сдвиговая и поперечная прокатка. Кинематические и энергосиловые параметры процесса радиально-сдвиговой прокатки. Принципы построения очага деформации, расчёт калибровки валков при больших углах подачи. Поперечная прокатка. Скоростные условия. Угол нейтрального сечения и условия вращения заготовки. Деформационные параметры. Силовые условия. Напряжённое состояние металла.

Теория процессов прокатки бесшовных труб. Винтовая прокатка. Особенности процесса, очаг деформации и его параметры. Скоростные условия. Распределение контактных напряжений в очаге деформации. Условия захвата заготовки валками и стабильность

процесса. Напряжённо-деформированное состояние металла при винтовой прокатке. Энергосиловые параметры процесса. Теоретические основы процесса редуцирования.

Особенности деформации металла при пилигримовой прокатке. Скоростные условия. Зоны опережения и отставания. Направление сил трения в очаге деформации. Условия захвата металла валками. Энергосиловые параметры процесса.

Схема процесса прокатки на станах ХПТ, ХПТС, ХПТР и особенности пластического формоизменения металла. Напряжённо-деформированное состояние металла. Условия захвата металла валками. Скоростные условия. Энергосиловые параметры процесса.

Способы формовки трубной заготовки в холодном и горячем состоянии. Напряжённо-деформированное состояние металла в процессах непрерывной формовки заготовки в холодном и горячем состоянии. Кинематические условия и энергосиловые параметры при прямошовной формовке. Методы их расчёта. Особенности деформации металла в процессах формовки листов на прессах. Распределение напряжений и деформаций по ширине и высоте листов. Определение потребного усилия прессового оборудования. Особенности деформации металла при экспандировании. Определение оптимальной величины экспандирования и потребной мощности.

Разновидности процесса волочения, деформационные показатели. Напряжённо-деформированное состояние металла. Особенности контактного трения при волочении. Расчётные методы определения напряжений и усилия волочения. Предельная и оптимальное значение коэффициента вытяжки при волочении.

Сущность и разновидности процессов прессования. Закономерности течения металла при прессовании прутков, профилей труб и напряжённо-деформированное состояние металла. Температурные условия процессов прессования. Особенности трения при прессовании. Силовые условия процессов прессования.

Геометрические параметры очага деформации для различных процессовковки, их влияние на распределение напряжений и деформаций при протяжке, осадке, прошивке, разгонке и др. Напряжения и деформации при ковке плоскими, комбинированными и вырезными бойками. Особенности трения на поверхности контакта инструмента с металлом. Скольжение, торможение и застой на поверхности контакта. Зоны деформации при осадке цилиндрических заготовок плоскими бойками. Неравномерность деформации при осадке. Напряжённое состояние металла при осадке. Расчёт контактных напряжений и усилий при осадке и вытяжке.

Характеристика разновидностей объёмной штамповки. Напряжённо-деформированное состояние в процессах объёмной штамповки. Стадии объёмной штамповки. Анализ течения металла в штампе. Термомеханические режимы штамповки. Изотермическая штамповка и штамповка в режиме сверхпластичности. Методы расчёта деформирующих усилий при объёмной штамповке. Листовая штамповка и формовка. Особенности деформирования металла при операциях листовой штамповки (разделительных и формообразующих). Анализ напряжённо-деформированного состояния металла в различных процессах листовой штамповки. Методы расчёта усилий, напряжений и деформаций. Формовка. Очаг деформирования и анализ напряжённо-деформированного состояния. Расчёт усилий и деформаций при формовке.

Профильный и марочный сортамент прокатного производства черных и цветных металлов. Способы производства слитков и заготовок. Технология нагрева исходных материалов перед прокаткой и охлаждения после прокатки. Системы вытяжных калибров, их характеристика и методики расчёта. Калибровка валков для прокатки блюмов и заготовок

простых и фасонных сортовых профилей. Методики расчёта калибровки валков прокатного стана, маршрутная схема прокатки. Управление профилем и формой полос.

Характеристика качества продукции прокатного производства, схемы технологических процессов отделки исходных материалов и готовой продукции. Контроль качества, способы удаления дефектов.

Сортамент и методы испытаний стальных труб. Характеристика основного оборудования и технологий производства трубных заготовок. Режимы нагрева. Виды брака при нагреве, способы его предотвращения и устранения.

Характеристика и классификация технологических процессов производства горячедеформированных бесшовных труб. Прошивка заготовок. Раскатка гильз в черновые (передельные) трубы. Калибрование и редуцирование труб. Производство труб на различных трубопрокатных агрегатах. Режимы деформации труб и расчет таблиц прокатки. Расчет калибровки технологического инструмента. Производство труб прессованием. Технология непрерывной безоправочной прокатки труб. Качество бесшовных труб. Техно-экономические показатели производства бесшовных труб. Технологические схемы и оборудование для производства холоднодеформированных труб. Расчет режимов и маршрутов прокатки труб на станах ХПТ, ХПТС, ХПТР. Методы расчета калибровки инструмента станов холодной прокатки труб.

Технология и принципы расчёта маршрутов волочения труб. Отделочные операции при холодной прокатке и волочения труб. Качество холоднодеформированных труб.

Технология производства сварных труб. Общая характеристика технологического процесса, основные операции процесса. Подготовка листового металла в сварке. Технология производства труб непрерывной печной сваркой, электросваркой на непрерывных трубоэлектросварочных агрегатах, дуговой сваркой под слоем флюса прямошовных, спиральношовных и многошовных труб. Принципы расчёта таблиц прокатки. Основные методы расчёта калибровки технологического инструмента трубоформовочного и трубосварочного оборудования. Новые процессы производства сварных труб: электронно-лучевая сварка труб, сварка труб плазменной дугой и др. Качество сварных труб. Техно-экономические показатели производства сварных труб. Тенденции развития производства бесшовных и сварных труб.

Типовые технологические схемы производства прессованных полуфабрикатов и изделий. Разновидности процесса прессования по условиям контактного взаимодействия заготовки с инструментом, температурным условиям и типу инструмента и инструментальных комплектов. Способы получения прессизделий различных типов. Особенности прессования различных металлов и сплавов. Управление течением металла и свойствами прессизделий. Прессовое оборудование, проектирование технологического инструмента.

Заготовки для поковки: слитки, непрерывно-литые и прокатанные заготовки, их макростроение (геометрические модели). Нагрев металла перед ковкой; математические модели теплового состояния слитков и заготовок, типы тепловых полей. Основные типы агрегатов дляковки – интегрированные и автоматизированные комплексы, радиально-обжимные машины. Потоки и схемы пластического течения металла при ковке, способы их регулирования. Деформационные возможности металла при ковке, способы их регулирования. Деформационные возможности кузнечного инструмента в создании и преобразовании полей напряжений и деформаций металла и формирования физико-механических свойств металла поковки. Разновидности операцийковки, оборудования и режимы отделки, методы управления и контроля качеством продукции ковочного производства.

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 расчёт обжимных и заготовочных станов, листовых станов горячей прокатки, сортовых станов горячей прокатки, проволочных станов и станов холодной прокатки. Теория расчёта 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 расчёт 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, шестерённых клетей, редукторов. Кинематические, прочностные и динамические расчёты. Выбор привода и его проверка.

Машины и агрегаты поточных технологических линий. Ножницы с параллельными и наклонными ножами, дисковые ножницы, летучие ножницы, дисковые пилы, правильные машины, рольганги, подъёмники, поворотные механизмы, толкатели, манипуляторы и кантователи. Конструкция и расчёт моталок, разматывателей, отгибателей.

Процессы и оборудование для производства труб. Классификация и сортамент труб. Основные процессы производства труб: горячедеформированных бесшовных труб, сварных труб и холоднодеформированных труб. Конструкция и расчёт станов для прошивки трубной заготовки.

Назначение и классификация станов холодной прокатки труб. Конструкция и расчёт станов холодной прокатки труб (ХПТ), многониточных станов и роликовых станов холодной прокатки труб (ХПТР). Трубоволоочильные станы.

Волоочильные станы. Элементы теории процесса волочения металлов. Конструкция и расчёт 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.

3.3. Машины, агрегаты и процессы (в металлургическом производстве)

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 расчёты. Устройство фабрики по производству окатышей. Машины и агрегаты фабрик по производству окатышей.

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. Технико-экономические показатели доменной плавки. Прямое восстановление железа из руд. Основные химические реакции, протекающие при прямом восстановлении железа. Технико-экономические показатели и перспективы прямого восстановления железа из руд. Машины и

агрегаты склада шихтовых материалов, типы и устройства механизированных складов. Типы и конструкции вагоноопрокидывателей. Расчёт механизмов вагоноопрокидывателей с учётом режимов его работы; выбор электродвигателя. Типы и конструкции перегрузочных грейферных кранов. Расчёт 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 подъёмнику. Рудный перегрузочный вагон. Расчёт механизмов рудного перегрузочного вагона. Вагон-весы. Расчёт механизмов вагон-весов. Конвейеры для загрузки бункеров. Механизмы конвейерной системы подачи шихтовых материалов к скиповому подъёмнику. Механизмы отсева и подачи кокса в скип. Система отсева и подачи кокса в скип. Механизмы для уборки коксовой мелочи.

Машины для подачи шихтовых материалов к загрузочному устройству доменной печи. Устройство скипового подъёмника. Наклонный мост. Скипы. Скиповые лебёдки. Расчёт скипового подъёмника. 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. Расчёт механизмов сверильной машины. Типы и конструкции машин для забивки чугунной летки (электрические пушки). Расчёт 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. 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. Расчёт производительности разливочной машины. Расчёт 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.

Процессы, машины и агрегаты сталеплавильных цехов. 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. Расчёт 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. Технично-экономические показатели кислородного конвертора.

Расчёт механизма поворота конвертора. Механизмы подачи кислородной фурмы. Расчёт 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. Сортные машины, Конструкция МНЛЗ. Оборудование разливочной площадки: подъёмно-поворотные стенды стальной, тележка проковшей, проковши. Оборудование технологической линии МНЛЗ: кристаллизаторы, механизм качания кристаллизатора, зона вторичного охлаждения, тянуще-правильная машина, затравки, механизм уборки и хранения затравок, машины для резки на мерные длины, клеймители, холодильники. Электромагнитное перемешивание.

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 расчёта разливочных кранов.

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.

Процессы, машины и агрегаты для получения цветных металлов и сплавов. Общие планировки заводов цветной металлургии. Структуры, продукты, грузопотоки. Оборудование складов сыпучих шихтовых материалов.

Процесс и оборудование для дробления и смешивания. Конструкция и элементы расчёта основных механизмов дробилок и мельниц.

Обогащительное 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.

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 расчёт обжимных и заготовочных станов, листовых станов горячей прокатки, сортовых станов горячей прокатки, проволочных станов и станов холодной прокатки.

Теория расчёта энергосиловых параметров прокатных станов: давление при горячей и холодной прокатке, усилия при горячей и холодной прокатке, моменты при горячей и холодной прокатке. Выбор мощности привода и его проверка.

Конструкция и расчёт основных узлов рабочих клеток станов: валков различных типов, подшипников (в том числе жидкостного трения), подушек, механизмов и устройств для установки и уравнивания валков, нажимных механизмов, станин рабочих клеток, устройств для уменьшения разнотолщинности проката, привода валков рабочей клетки, шпинделей, муфт, шестерённых клеток, редукторов. Кинематические, прочностные и динамические расчёты. Выбор привода и его проверка.

Ножницы с параллельными и наклонными ножами, дисковые ножницы, летучие ножницы, дисковые пилы, правильные машины, рольганги, подъёмники, поворотные механизмы, толкатели, манипуляторы и кантователи. Машины и агрегаты для отделки проката.

Классификация и сортамент труб. Основные процессы производства труб: горячедеформированных бесшовных труб, сварных труб и холоднодеформированных труб. Конструкция и расчёт станов для прошивки трубной заготовки.

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. Элементы теории процесса волочения металлов. Конструкция и расчёт волочильного оборудования. Барабанные волочильные станы, станы однократного волочения, многократные волочильные станы со скольжением и без скольжения на промежуточных барабанах, поточные линии волочения, станы тракового типа.

Динамика, надёжность и долговечность металлургических машин. Динамические расчёт металлургических машин. Колебательные процессы в машинах. Расчёт 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, рельсо-балочных, заготовочных, сортовых, листовых и универсальных станов на динамику главных линий.

Эксплуатационная надёжность систем транспортирования материалов, полуфабриката и готовой продукции в металлургических цехах. Современные методы расчёта эксплуатационной надёжности.

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 колёс. 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 шестерён, звёздочек, валов, осей, деталей цепей и другого оборудования металлургических заводов.

**4. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру
по направлению подготовки 15.06.01 - Машиностроение**

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру по данному направлению производится по пяти балльной шкале и выставляется согласно критериям, приведенным в таблице.

Критерии оценки ответов претендентов при поступлении в аспирантуру

Оценка	Критерии
Отлично	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. 2. Демонстрируются глубокие знания по дисциплине. 3. Делаются обоснованные выводы. 4. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.
Хорошо	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. 2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. 3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия. 4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.
Удовлетворительно	<ol style="list-style-type: none"> 1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе. 2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплины. 3. Имеются затруднения с выводами. 4. Определения и понятия даны не чётко.
Неудовлетворительно	<ol style="list-style-type: none"> 1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определённой системы знаний по дисциплине. 2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии. 3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.

5. Список рекомендуемой литературы (основная и дополнительная)

5.1. Турбомашин и комбинированные турбоустановки

1. Щегляев А.В. Паровые турбины: учебник для ВУЗов. В 2-х кн. 6-ое изд., перераб. дополненное и подготовл. к печати Б.М.Трояновским. М.: Энергоатомиздат, 1993.
2. Паровые и газовые турбины/ под ред. А.Г.Костюка и В.В.Фролова М.: энергоатомиздат, 1985. 352 с.
3. Костюк А.Г., Шерстюк А.Н. Газотурбинные установки. М.: Высшая школа, 1979. 254 с.
4. Трухний А.Д. Стационарные паровые турбины. 2-е изд., перераб. и дополненное. М.: Энергоатомиздат, 1990.
5. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. Учебник. М.: Энергоатомиздат, 1988. 829 с.
6. Ревзин Б.С. «Газотурбинные газоперекачивающие агрегаты», - М.: Недра, 1986, - 214с.
7. Бродов Ю.М., Савельев Р.З. Конденсационные установки паровых турбин. М.: Энергоатомиздат, 1994, 389 с.
8. Бауман Н.Я., Яковлев, Свечков И.Н. Технология производства паровых и газовых турбин: Учебник. М.: Машиностроение, 1973. 464 с.
9. Лахтин Ю.М., Леонтьев В.П. Материаловедение: Учебник. М.: Машиностроение, 1986. 493 с.
10. 3. Костюк А.Г. Динамика и прочность турбомашин. –М.: Изд-во МЭИ, 2000.
11. Кириллов И.И. Автоматическое регулирование паровых турбин и газотурбинных установок. Л.: Машиностроение, 1988. 445 с.
12. Стационарные газотурбинные установки. Справочник / Л.В. Арсеньев, В.Г. Тырышкин, И.А. Богов и др. – Л.: 1989, 543 с.
13. 8. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок / Ю.С. Елисеев, Э.А. Манушин, В.Е. Михальцев, и др. М.: Изд-во МГТУ, 2000.
14. Казанский В.Н. Системы смазывания паровых турбин - М.: Энергоатомиздат, 1986 – 152 с.
15. Теплообменные устройства газотурбинных и комбинированных установок / Н.Д. Грязнов, В.М. Епифанов, В.Л. Иванов и др. М.: 185, 360 с.
16. Ольховский Г.Г. Энергетические газотурбинные установки. М: Энергоатомиздат, 1985.304 с.
17. Вульфев Е.Э. Паротурбинные установки. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2000.
18. Михальцев В.Е., Панков О.М., Юношев В.Д. Регулирование и вспомогательные системы газотурбинных и комбинированных установок. М. Машиностроение, 1982, 256 с
19. Газотурбинные установки. Конструкция и расчет: справочное пособие Под ред.Л. В.Арсеньева и В.Г. Тырышкина Л.Машиностроение, 1988.232 с
20. Теория и расчет турбокомпрессоров К.П.Селезнев, Ю.Б. Гареркин, и С.А.Анисимов др. Л.: Машиностроение, 1986, 392 с.
21. Ревзин Б.С., Ларионов И.Д. Газотурбинные установки с центробежными нагнетателями для транспорта газа. Справочное пособие. М.: Недра, 1991, 303 с.

5.2. Технологии и машины обработки давлением

1. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1986. 688 с. (1-е изд.); Екатеринбург: УГТУ – УПИ. 2001. – 836 с. (2-е изд.).
2. 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. Гребенник и др. – М.: Металлургия. 1988. – 680 с.
3. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением (теория пластичности). Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1980. – 456 с.
4. Тюрин В.А., Мохов А.И. Теория обработки металлов давлением. Под ред. проф. В.А. Тюрин а. Учебник для вузов. – Волгоград: РПК «Политехник», 2000. – 416 с.
5. Гун Г.Я. Математическое моделирование процессов обработки металлов давлением. Учебное пособие для вузов. М.: Металлургия, 1983. – 352 с.
6. Полухин П.И., Горелик С.С., Воронцов В.К. Физические основы пластической деформации. Учебное пособие для вузов. М.: Металлургия, 1982. – 584 с.
7. Физическое металловедение. Учебник для вузов. С.В. Грачев, В.Р. Бараз, А.А. Богатов, В.П. Швейкин – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2000. – 534.
8. Целиков А.И., Никитин Г.С., Рокотян С.Е. Теория продольной прокатки. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1980. – 360 с.
9. Потапов И.Н., Коликов А.П., Дряян В.И. Теория трубного производства. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1991. – 424 с.
10. Охрименко Я.М., Тюрин В.А. Теория процессовковки. Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа. 1977. – 295 с.
11. Перлин И.Л., Райтбарт Л.Х. Теория прессования металлов. Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1975. – 448 с.
12. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1971. – 447 с.
13. Прокатное производство / П.И. Полухин, Н.М. Федосов, А.А. Королев, Ю.М. Матвеев. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1960. – 966 с. (1-е изд.); 1968 – 676 с. (2-е изд.).
14. Смирнов В.К., Шилов В.А., Инатович Ю.В. Калибровка прокатных валков. М.: Металлургия. 1987. – 367 с.
15. Технология обработки давлением цветных металлов и сплавов. Учебник для вузов / А.В. Зинovieв, А.И. Колпашников, П.И. Полухин и др. – М.: Металлургия, 1992. – 512 с.
16. Технология производства труб. Учебник для вузов / И.Н. Потапов, А.П. Коликов, В.Н. Данченко и др. – М.: Металлургия, 1994. – 528 с.

Дополнительная литература

17. Кучеряев Б.В. Механика сплошных сред. Учебник для вузов. М.: МИСиС. 2000. -320 с.
18. Экспериментальные методы механики деформируемых твердых тел (технологические задачи обработки давлением) / В.К. Воронцов, П.И. Полухин, В.А. Белевитин, В.В. Бринза – М.: Металлургия, 1990. – 480 с.
19. Грудев А.П. Теория прокатки. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1988. – 240 с.
20. Теория прокатки. Справочник. А.И. Целиков, А.Д. Томленов, В.И. Зюзин и др. – М.: Металлургия, 1982. – 335 с.
21. Теорияковки и штамповки. Учебное пособие для вузов. Под ред. Е.П. Унксова и А.Г. Овчинникова. М.: Машиностроение, 1993.
22. Осадчий В.Я., Воронцов А.Л., Безносиков И.И. Теория и расчеты технологических параметров штамповки выдавливанием. Учебное пособие для вузов. М.: МГАПИ, 2001. – 307 с.

- 23.Бережной В.Л., Щерба В.Н., Батулин А.И. Прессование с активным действием сил трения. М.: Металлургия, 1988. – 296 с.
- 24.Грудев А.П., Машкин Л.Ф., Ханин Л.И. Технология прокатного производства. Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1994. – 656 с.
- 25.Технология прокатного производства. Справочник в двух книгах. Под редакцией В.И. Зюзи на и А.В. Третьякова. – М.:Металлургия. 1991. – 859 с.
- 26.Технология и оборудование трубного производства. Учебник для вузов. / В.Я. Осадчий, А. С. Вавилин, В.Г. Зимовец, А.П. Коликов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 608 с.
- 27.Новые процессы деформации металлов и сплавов. Учебное пособие для вузов. / А.П. Коликов, П.И. Полухин, А.В. Крупин и др. – М.: Высшая школа, 1986. – 351 с.
- 28.Щерба В.Н., Райтбарг Л.Х. Технология прессования металлов. Учебник для вузов. – М.: Металлургия. 1995. – 336 с.
- 29.Алиев Ч.А., Тетерин Г.П. Система автоматизированного проектирования технологии горячей объемной штамповки. М.: Машиностроение, 1987. 224 с.
- 30.Друянов Б.А. Прикладная теория пластичности пористых тел. М.: Машиностроение, 1989. – 168 с.
- 31.Чернышев В.Н., Линецкий Б.Л., Крупин А.В. Обработка металлов давлением в контролируемых средах. – М.: Металлургия, 1993. – 272 с.
- 32.Обработка металлов взрывом / А.В. Крупин, В.Я. Соловьев, Г.С. Попов и др. – М.: Металлургия, 1991. – 496 с.
- 33.Колпашников А.И., Арефьев Б.А., Мануйлов В.Ф. Деформирование композиционных материалов. –М.: Металлургия, 1982. – 243 с.
- 34.Кобелев А.Г., Потапов И.Н., Кузнецов Е.В. Технология слоистых металлов. Учебное пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1991. – 248 с.

5.3. Машины, агрегаты и процессы (в металлургическом производстве)

- 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. 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.Динамика и прочность прокатного оборудования. – М.: «Металлургия», 1970, 488 с./ авт.: Иванченко Ф.К., Полухин П.И., Тылкин М.А., Полухин В.П./
- 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.

6. Рекомендуемые Интернет-ресурсы

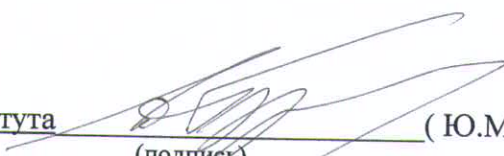
1. <http://lib.urfu.ru/> - Зональная научная библиотека УрФУ
2. <http://edu.urfu.ru/> - образовательный портал УрФУ
3. www.thermal.ru - сайт WebPowerpedia (бесплатной энциклопедии энергетики);
4. www.vpu.ru/mas - расчетный сервер МЭИ (ТУ);
5. www.mpei.ru - официальный сайт Московского энергетического института;
6. www.wsp.ru - сайт программы WaterSteamPro;
7. <http://minenergo.gov.ru> Официальный интернет-сайт Министерства энергетики РФ;
8. Официальный интернет-сайт ОАО «Газпром»: <http://www.gazprom.ru>
9. Официальные интернет-сайты ОГК и ТГК:
<http://www.ogk1.com>;
<http://www.ogk2.ru>;
<http://www.tgc-8.ru>;
<http://www.mosenergo.ru>

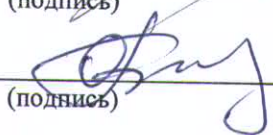
Программу вступительного испытания в аспирантуру по направлению подготовки 15.06.01 -
Машиностроение разработали:

Доцент, кандидат технических наук, доцент  Т.А. Недошивина
(подпись)

Профессор, доктор технических наук, доцент  Е.Ю. Раскатов
(подпись)

Лист согласования

Директор Уральского энергетического института  (Ю.М. Бродов)
(название института) (подпись)

Директор механико-машиностроительного института  (О.Г. Блинков)
(название института) (подпись)

Директор _____ (Ф.И.О.)
(название института) (подпись)

Директор _____ (Ф.И.О.)
(название института) (подпись)