

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МИСиС»

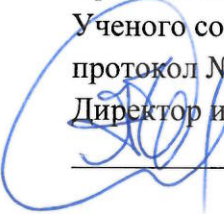
УТВЕРЖДАЮ
Заместитель Председателя
приемной комиссии

 / А.А. Волков

« 20 » _____ 2019 г.



Принято на заседании
Ученого совета института ЭкоТех
протокол № 1-19/20 от 2019 г.

 / А.Я. Травянов

« 20 » сентябрь 2019 г.

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ
НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ
ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ
15.06.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ**

Москва 2019

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	3
ЧАСТЬ 1. ГОРНЫЕ МАШИНЫ	4
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	8
ЧАСТЬ 2. ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ.....	10
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	12
ЧАСТЬ 3. ИНЖИНИРИНГ МАШИН, АГРЕГАТОВ И ПРОЦЕССОВ	14
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	21
ЧАСТЬ 4. ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ.....	23
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	25

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель вступительного испытания.

Оценка уровня освоения поступающим компетенций, необходимых для обучения в аспирантуре по направлению 15.06.01 «Машиностроение».

Форма, продолжительность проведения вступительного испытания. Критерии оценивания

Минимальное количество баллов по результатам вступительных испытаний по направлению 15.06.01 «Машиностроение», подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, составляет 40 баллов по всем условиям поступления.

Вступительные испытания по направлению 15.06.01 «Машиностроение» состоят из двух частей: письменный экзамен и собеседование. Для прохождения собеседования поступающий должен предоставить план-проспект диссертационной работы и мотивационное письмо (1000–1500 слов), отражающее причины выбора НИТУ «МИСиС» и соответствующей программы подготовки.

Вступительные испытания по направлению 15.06.01 «Машиностроение» оцениваются по 100-балльной шкале.

Продолжительность письменного экзамена – 120 минут.

Собеседование проводится с ведущими учёными направления, которые оценивают мотивированность абитуриента и его план будущей работы. Максимально возможное количество баллов, которое может получить абитуриент на собеседовании – 50.

Перечень принадлежностей, которые поступающий имеет право использовать во время проведения вступительного испытания: ручка, карандаш, ластик, непрограммируемый калькулятор.

Программа поступления в аспирантуру по направлению «Машиностроение» базируется на дисциплине, которая состоит из самостоятельных частей:

1. Горные машины.
2. Горно-транспортные машины.
3. Инжиниринг машин, агрегатов и процессов.
4. Технологии и машины обработки давлением.

Дисциплина носит как теоретическую, так и практическую направленность в области современных технологий и оборудования горного и металлургического производства.

ЧАСТЬ 1. ГОРНЫЕ МАШИНЫ

Раздел 1. Физико-механические свойства горных пород и способы их разрушения

1.1. Классификация способов разрушения. Механические способы.

1.2. Характеристика основных физико-механических свойств горных пород. Разрушение пород гидравлическим способом. Состояние и перспективы развития термических, химических и электрофизических способов разрушения.

1.3. Классификация горных пород по трудности их разработки горными машинами, копанье и резание горных пород. Геометрические параметры рабочего инструмента.

1.4. Динамические способы разрушения горных пород: вибрационное, ударное, высокоскоростное, импульсное.

Раздел 2. Бурильные машины

2.1. Классификация бурильных машин по назначению, способу бурения пород, области применения и виду используемой энергии.

2.2. Машины вращательного бурения. Машины ударного (ударно-поворотного) бурения. Гидроударники. Машины ударно-вращательного и вращательно-ударного бурения.

2.3. Шахтные бурильные установки и буровые станки.

Раздел 3. Горнопроходческие машины и оборудование

3.1. Область применения и классификация проходческих комбайнов. Нарезные комбайны. Силовое оборудование и передаточные механизмы проходческих комбайнов.

3.2. Область применения и классификация проходческих щитов. Компонентные схемы и технические данные проходческих щитов. Силовое оборудование и передаточные механизмы.

Раздел 4. Горные машины и комплексы для подземной разработки месторождений полезных ископаемых

4.1. Назначение комбайнов, их основные функциональные элементы, общее устройство, тенденции дальнейшего совершенствования. Классификационные признаки комбайнов.

4.2. Конструктивные типы исполнительных органов (органов разрушения), предъявляемые к ним требования и область применения.

4.3. Конструкция и принцип действия погрузочных органов.

4.4. Системы перемещения (подачи) комбайнов и предъявляемые к ним требования.

4.5. Виды привода комбайнов по роду потребляемой энергии и типу силового оборудования.

4.6. Принципиальные компоновочные схемы отечественных и зарубежных комбайнов. Системы управления и автоматизации процесса работы комбайнов.

4.7. Особенности конструкций комбайнов для добычи калийных, марганцевых и кристаллосодержащих руд.

Раздел 5. Струговые установки

5.1. Назначение, состав оборудования и область применения струговых установок.

5.2. Конструкции рабочего инструмента, схемы его установки и параметры разрушения забоя.

5.3. Системы перемещения струговых установок на забой Факторы, влияющие на формирование величины тягового усилия струга и мощность привода струга.

5.4. Принципиальные компоновочные схемы и основные технические данные отечественных и зарубежных струговых установок. Системы управления и автоматизации.

Раздел 6. Крепь очистных забоев

6.1. Назначение и типы крепей. Классификация механизированных крепей.

6.2. Компоновочные схемы и технические данные современных механизированных крепей.

6.3. Индивидуальные крепи, область их применения. Современные тенденции в совершенствовании

6.4. Современные тенденции в совершенствовании конструкций крепей.

Раздел 7. Угледобывающие агрегаты

7.1. Состав оборудования и принципиальные конструктивные схемы угледобывающих агрегатов с исполнительными органами циклического и непрерывного действия.

7.2. Особенности конструкции агрегатов для работы на крутых пластах. Управляемость агрегатов.

Раздел 8. Производительность выемочных и проходческих комплексов и агрегатов

8.1. Технические данные и технико-экономические показатели работы современных комбайновых и струговых комплексов.

8.2. Производительность выемочных и проходческих комплексов и агрегатов.

8.3. Понятие и методология расчета теоретической, технической и эксплуатационной производительности.

Раздел 9. Буровые машины

9.1. Характеристика состояния и направления развития буровой техники. Классификация способов бурения, буровых машин и области их применения. Общие направления совершенствования способов бурения и буровых машин.

9.2. Теория рабочего процесса буровых машин. Исполнительные механизмы буровых станков

9.3. Технические характеристики и конструкции буровых машин. Производительность буровых станков

Раздел 10. Выемочно-погрузочные машины (экскаваторы)

10.1. Классификация экскаваторов, принципы действия и конструктивные схемы одноковшовых и многоковшовых экскаваторов. Рабочее оборудование экскаваторов. Рабочие механизмы экскаваторов

10.2. Ходовое оборудование экскаваторов. Условия работы главных механизмов экскаваторов.

10.3. Горные и горно-транспортные комплексы. Производительность экскаваторов и комплексов.

Раздел 11. Выемочно-транспортирующие машины

11.1. Общие сведения о базовых тракторах, тягачах и шасси ВТМ: гусеничных и колесных. Технические характеристики базовых тягачей. Навесное, прицепное и полуприцепное оборудование базовых тягачей. Расчет основных и главных параметров навесного оборудования.

Раздел 12. Машины и оборудование для гидромеханизации горных работ

12.1. Способы гидромеханизации горных работ и область их применения. Состав комплектов машин и оборудования для гидромеханизации. Насосное оборудование, применяемое при гидромеханизации. Конструктивные особенности насосов для гидротранспорта. Особенности характеристик насосов и внешних сетей гидротранспортных установок. Определение и анализ режима работы насосов, перекачивающих гидросмесь.

12.2. Драги, общие сведения, классификация, технические характеристики и конструкции драг.

12.3. Назначение, область применения и принцип работы механогидравлических комбайнов.

Раздел 13. Гидромониторы и землесосные снаряды

13.1. Общие сведения, классификация и конструкции гидромониторов и

землесосных снарядов. Технические характеристики, схемы управления. Элементы конструкций, компоновочные схемы, способы перемещения. Дистанционное и автоматическое управление гидромониторами.

13.2. Принципы расчета и выбора гидромониторов и землесосных снарядов. Определение режимов работы, расчет производительности гидромониторов и землесосных снарядов.

Раздел 14. Общие сведения о гидроприводе горных машин. Структура гидропривода, его элементы и их назначение

14.1. Основные свойства гидроприводов и их использование в горном оборудовании.

14.2. Основные направления развития гидропривода. Параметры гидравлических машин. Баланс мощностей в гидромашине.

Раздел 15. Объемные гидродвигатели

15.1. Классификация, назначение, принцип действия, основные параметры и характеристики, область применения в горных машинах.

15.2. Гидромоторы. Высокомоментные гидродвигатели, принципиальные схемы, основные параметры, характеристики, область применения в горных машинах.

15.3. Гидроцилиндры. Основные параметры гидроцилиндров, уравнения расходов и усилий на поршне.

Раздел 16. Объемные гидроприводы

16.1. Гидроприводы с неуправляемой скоростью, типовые схемы, уравнения движения, механические характеристики. Гидроприводы с дроссельным регулированием скоростью. Гидропривод с регулятором потока жидкости, механическая характеристика.

16.1. Гидроприводы с объемным управлением скоростью. Следящие гидроприводы.

Раздел 17. Гидродинамические приводы

17.1. Назначение и область применения, их классификация. Гидромуфты и их характеристики. Основные типы гидромуфт, гидромуфты нерегулируемые и регулируемые. Гидротрансформаторы, устройство, принцип действия, основные характеристики.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

а) основная литература

1. Кантович Л.И., Мерзляков В.Г. Горные машины и оборудование для подземных горных работ. Уч.пособие. М: МГГУ. 2014
2. Кантович Л.И., Хазанович Г.Ш., Волков В.В. и др. Машины и оборудование для горностроительных работ. М.Изд-во «Горная книга». 2011
3. Тургель Д.К. Горные машины и оборудование подземных разработок. Учебное пособие. УГГУ. 2007
4. Подэрни Р.Ю.. Механическое оборудование карьеров. Учебник, Изд. 8-е, М., Изд. «Майнинг Медиа Групп», 2013.
5. Гудилин Н.С., Кривенко Е.М., Моховиков Б.С., Пастоев И.Л. (под общ. редакцией проф. Пастоева И.Л.) Гидравлика и гидропривод. Изд. МГГУ, М. 2007г.

б) дополнительная литература

1. Солод В.И., Зайков В.И., Первов К.М. Горные машины и автоматизированные комплексы Учеб. для вузов. - М.: Недра. 1982
2. Сафохин М.С., Александров Б.А., Нестеров В.И. Горные машины и оборудование Учеб. для вузов.-М.: Недра 19954.
3. Под общей ред. В.И. Морозова Очистные комбайны Справочник/ М.: МГГУ, 2006
4. Кантович Л.И., Гетопанов В.Н. Горные машины. М., Недра, 1989.
5. Титиевский Е.М., Русихин В.И. Машины и механизмы горных предприятий. М., Недра, 1987.
6. Иванов К.И., Латышев В.А., Андреев В.Д. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 1987.
7. Сафохин М.С., Александров Б.А., Нестеров В.И. Горные машины и оборудование. М.: Недра, 1995.
8. Горно-проходческие машины и комплексы Грабчак Л.Г., Несмотряев В.И., Шендеров В. И., Кузовлев Б.Н.. М., Недра, 1990.
9. Справочник механика открытых работ. Экскавационно-транспортные машины циклического действия. Под редакцией Щадова М.И. и Подэрни Р.Ю. М., Недра, 1989.
10. Справочник механика открытых работ. Экскавационно-транспортные машины непрерывного действия. Под редакцией Щадова М.И. и Владимирова В.М..М., Недра, 1989.
11. Чулков Н.Н. Расчет приводов карьерных машин. М., Недра, 1987.

12. Шелоганов В.И., Кононенко Е.А. Насосные установки гидромеханизации. М.: МГГУ, 1999.
13. Хорин В.Н. Гидропривод забойного оборудования. - М.: Недра, 1980.
14. Коваль П.В. Гидравлика и гидропривод горных машин. - М.: Машиностроение, 1979.
15. Гейер В.Г., Дулин В.С., Заря А.Н. Гидравлика и гидропривод. - М.: Недра, 1981.

ЧАСТЬ 2. ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

Раздел 1. Общие вопросы теории и расчета транспортных машин

1.1. Основные характеристики транспортируемых грузов. Классификация транспортных машин по принципу действия. Производительность, сопротивление движению и мощность транспортных машин. Энергоемкость грузоперевозок.

Раздел 2. Транспортные машины непрерывного действия

2.1. Типы и область применения различных конвейеров на горных предприятиях.

2.2. Скребокковые, ленточные и другие виды конвейеров. Принцип действия, устройство и основные узлы конвейеров. Тяговый расчет конвейера

2.3. Схемы конвейерного транспорта в карьерах. Стационарные и передвижные ленточные конвейеры.

2.4. Расчет производительности конвейеров.

Раздел 3. Железнодорожный транспорт

3.1. Назначение и область применения железнодорожного транспорта на открытых и подземных работах.

3.2. Основные типы подземных локомотивов, их области применения. Типы и устройство подземных вагонеток.

3.3. Основы расчета подземной локомотивной откатки. Основные силы сопротивления движению. Сила тяги локомотива.

3.4. Особенности карьерного железнодорожного транспорта. Типы и устройства карьерных локомотивов

3.5. Силы, действующие на поезд. Тормозная сила. Тормозная задача поезда. Тяговые и тормозные характеристики локомотивов.

Раздел 4. Автомобильный карьерный транспорт

4.1. Область рационального применения автомобильного транспорта.

Тяговые и эксплуатационные расчеты.

4.2. Основные уравнения движения автомобиля и его решение.

4.3. Классификация подвижного состава автотранспорта. Особенности устройства автомобилей с различными трансмиссиями. Типы и конструктивные схемы автосамосвалов. Углевозы, автопоезда. Основные параметры. Основные уравнения движения автомобиля и его решение.

Раздел 5. Трубопроводный транспорт

5.1. Гидравлический и пневматический транспорт, назначение, область применения. Принцип действия, схемы гидро- и пневмотранспорта. Расчет трубопроводного транспорта. Определение производительности.

Раздел 6. Комбинированный транспорт на карьерах

6.1. Общая характеристика и область применения различных комбинаций карьерного транспорта.

6.2. Перегрузочные комплексы (пункты) при комбинированном транспорте. Назначение, основные требования к составу оборудования при автомобильно-железнодорожном, автомобильно-конвейерном и автомобильно-скиповом комбинированном транспорте.

Раздел 7. Подъемные установки

7.1. Типовые схемы подъемных систем для вертикальных и наклонных шахтных стволов. Компоновка оборудования одноканатных и многоканатных подъемных систем в надшахтных зданиях и сооружениях. Посадочные устройства и качающиеся площадки для подъемных сосудов.

7.2. Номенклатура подъемных канатов, их эксплуатационные особенности и правила выбора. Подвесные и прицепные устройства подъемных сосудов.

7.3. Подвесные и прицепные устройства подъемных сосудов.

Раздел 8. Водоотливные установки

8.1. Типовые схемы оборудования рудничных главных водоотливных установок. Требования, предъявляемые к обустройству водоводов, монтируемых в шахтном стволе и на поверхности.

8.2. Рабочий режим водоотливной установки. Методы регулирования рабочего режима и принципы организации работы водоотлива «по притоку».

8.3. Особенности нормальных испытаний насосов на месте их эксплуатации. Закономерности изнашивания проточной части насосов в процессе их эксплуатации. Влияние износа элементов проточной части на напорные характеристики насосов.

8.4. Конструкции иглофильтров и методы их погружения в горный массив.

Раздел 9. Вентиляторные установки

9.1. Типовые конструкции и схемы вентиляторных установок главного проветривания. Типовые схемы и оборудование шахтных вентиляторных установок местного проветривания. Испытание вентиляторов главного и местного проветривания и определение их аэродинамических характеристик.

9.2. Рабочий режим вентиляторных установок и способы его регулирования. Конструкции и системы управления лопаточными направляющими аппаратами центробежных вентиляторов и спрямляющими аппаратами осевых вентиляторов главного проветривания. Способы и системы регулирования рабочего режима вентиляторов местного проветривания.

Раздел 10. Пневматические установки

10.1. Типовые схемы компоновки оборудования стационарных компрессорных станций с поршневыми, винтовыми и центробежными компрессорами.

10.2. Конструкции поршневых компрессоров стационарных пневматических установок. Системы регулирования подачи горизонтальных оппозитных и прямоугольных компрессоров общепромышленного назначения.

10.3. Конструкции рудничных центробежных компрессоров и их эксплуатационные характеристики. Системы регулирования подачи центробежных компрессоров.

10.4. Передвижные компрессорные станции. Конструкции поршневых и ротационных компрессоров для передвижных компрессорных станций. Особенности рабочего цикла ротационных компрессоров и методы регулирования подачи. Системы масляного впрыска и охлаждения ротационных компрессоров. Компоновка оборудования шахтных передвижных компрессорных станций и передвижных пневматических установок общепромышленного назначения.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

а) основная литература

1. Галкин В.И., Шешко Е. Е. Транспортные машины М.: «Горная книга», 2010
2. Галкин В.И., Дмитриев В.Г., Дьяченко В.П., Запенин И.В., Шешко Е.Е. Современная теория ленточных конвейеров М.: МГГУ 2005
3. Гришко А.П. Стационарные машины. Том 1. Рудничные подъемные установки Учебник для вузов. — М.: Горная книга. 2007
4. Гришко А.П. Стационарные машины. Том 2. Рудничные водоотливные, вентиляторные и пневматические установки. Учебник для вузов. — М.: Горная книга 2007
5. Гришко А.П. Стационарные машины и установки, Часть 1 – Шахтные подъемные установки Учебник для ВУЗов, М., МГГУ 2006
6. Гришко А.П. Стационарные машины. Том 1. Рудничные подъемные установки Учебник для вузов. — М.: Горная книга. 2007

7. Гришко А.П. Стационарные машины. Том 2. Рудничные водоотливные, вентиляторные и пневматические установки. Учебник для вузов. — М.: Горная книга 2007
 8. Гришко А.П., Шелоганов В.И. Стационарные машины и установки. Учебное пособие для вузов. — М.: Горная книга, 2007
- б) дополнительная литература
1. Спиваковский А.О., Потапов М.Г. Транспортные машины и комплексы открытых горных разработок. Учебник для ВУЗов, 4-е издание, переработанное и дополненное. М.: Недра, 1983, 383 с.
 2. Григорьев В.И., Дьяков В.А., Пухов Ю.С. Транспортные машины для подземных разработок. Учебник для ВУЗов. М.: Недра, 1984, 380 с.
 3. Шешко Е.Е. Эксплуатация и ремонт оборудования транспортных комплексов карьеров. Учебное пособие для ВУЗов. М.: Недра, 1996, 425 с.
 4. Браверман Л.П., Галкин В.И., Запенин И.В., Шешко Е.Е. Транспортные машины. Методические указания к выполнению практических занятий. М.: МГГУ, 2007, 99 с.
 5. Браверманн Л.П., Галкин В.И. Транспортные машины и комплексы. Методические указания к выполнению лабораторных работ. М.: МГИ, 1996, 45 с.
 6. Алексеев В.В. Рудничные насосные, вентиляторные и пневматические установки. — М.: Недра, 1983.
 7. Гейер В.Г., Тимошенко Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки. — М.: Недра, 1987.
 8. Гришко А.П. Стационарные машины карьеров. Учебник для вузов. — М.: Недра, 1982.
 9. Картавый Н.Г. Стационарные машины. Учебник для вузов. — М.: Недра, 1981.
 10. Попов В.М. Рудничные водоотливные установки. — М.: Недра, 1983.
 11. Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок. — М.: Недра, 1970.
 12. Стационарные установки шахт. /Под общ. ред. Братченко Б.Ф. — М.: Недра, 1977.
 13. Техническое обслуживание и текущий ремонт стационарного оборудования. /Бирюков В.М. и др. — М.: Недра, 1988.
 14. Шахтные вентиляторные установки главного проветривания. /Бабак Г.А., Бочаров К.П., Волохов А.Т. и др. — М.: Недра, 1982.

ЧАСТЬ 3. ИНЖИНИРИНГ МАШИН, АГРЕГАТОВ И ПРОЦЕССОВ

Раздел 1. Задачи металлургического производства

1.1. Структура, продукты и грузопотоки современных металлургических заводов.

1.2. Прогнозы производства металлов. Проблемы повышения качества производимого металла. Проблемы строительства современных металлургических агрегатов, повышения производительности труда и снижения удельных капитальных затрат.

1.3. Структура и основные агрегаты современных металлургических заводов. Основные требования технологии металлургического производства к машинам и агрегатам.

Раздел 2. Процессы, машины и агрегаты доменных цехов

2.1. Исходные материалы: железные руды, марганцевые руды, флюсы. Способы подготовки шихтовых материалов к доменной плавке. Дробление и сортировка. Обогащение. Окускование.

2.2. Технология производства железорудных окатышей. Устройство агломерационной фабрики. Машины агломерационной фабрики – конструкции и основные расчеты. Устройство фабрики по производству окатышей. Машины и агрегаты фабрик по производству окатышей.

2.3. Устройство доменного цеха. Грузопотоки и типы планировок доменного цеха. Устройство и схема работы доменной печи. Основные химические реакции, протекающие в доменной печи. Техничко-экономические показатели доменной плавки.

2.4. Прямое восстановление железа из руд. Основные химические реакции, протекающие при прямом восстановлении железа. Техничко-экономические показатели и перспективы прямого восстановления железа из руд.

2.5. 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.

2.6. Механизмы и машины бункерной эстакады. Бункерная эстакада. Системы подачи шихтовых материалов к скиповому подъемнику. Рудный перегрузочный вагон и расчет его механизмов. Вагон-весы. Расчет механизмов вагон-весов.

2.7. Конвейеры для загрузки бункеров. Механизмы конвейерной системы подачи шихтовых материалов к скиповому подъемнику. Система и механизмы отсева и подачи кокса в скип. Механизмы для уборки коксовой мелочи.

2.8. 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.

2.9. Колошниковое устройство доменной печи и его механизмы. Типовое двухконусное загрузочное устройство с электрическим приводом. Распределение шихтовых материалов при загрузке в доменную печь.

2.10. 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. Шлаковый стопор.

2.11. 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.

2.12. Процессы, машины и агрегаты для переработки жидких продуктов доменной плавки. Способы переработки жидких продуктов доменной плавки.

2.13. Устройство отделения разлива чугуна. Типы и конструкции разливочных машин. Расчет производительности разливочной машины. Расчет мощности привода конвейера разливочной машины. Конструкции устройств для кантования ковшей.

2.14. 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.

Раздел 3. Процессы, машины и агрегаты сталеплавильных цехов

3.1. 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.

3.2. Миксерные отделения. Устройство миксерного отделения. Конструкции миксеров. Механизмы поворота миксера. Расчет привода механизма поворота миксера. Миксерные краны. Машины для скачивания шлака. Передвижные миксеры.

3.3. 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. Техничко-экономические показатели кислородного конвертора.

3.4. 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.

3.5. Машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Классификация и типы МНЛЗ. Слябовые машины. Сортовые машины. Конструкция МНЛЗ. Оборудование разливочной площадки: подъемно-поворотные стенды стальнойковшей, тележка промковшей, промковши.

3.6. 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.

3.7. Расчет пропускной способности МНЛЗ. Расчет усилия вытягивания слитка. Законы качания кристаллизатора. Расчет параметров качания кристаллизатора.

3.8. МНЛЗ горизонтального типа. Оборудование технологической линии машин горизонтального типа.

3.9. Литейно-прокатные агрегаты для производства сортового проката. Литейно-прокатные агрегаты для производства листового проката.

3.10. 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.

3.11. 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.

3.12. Производство стали в электрических печах. Устройство и работа дуговых электрических печей. Технология выплавки стали в дуговых печах. Химические реакции, протекающие при плавке стали в дуговых печах.

3.13. 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.

3.14. Электронно-лучевая 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.

Раздел 4. Процессы, машины и агрегаты для получения цветных металлов и сплавов

4.1. Общие планировки заводов цветной металлургии. Структуры, продукты, грузопотоки. Оборудование складов сыпучих шихтовых материалов. Оборудование для бункерного хранения и дозирования. Конструкция и расчет питателей.

4.2. Оборудование для классификации. Общие сведения о процессах. Конструкция и расчет грохотов. Процессы и оборудования для дробления и смешивания. Конструкция и элементы расчета основных механизмов дробилок и мельниц.

4.3. 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. Механическое оборудование топливных печей.

4.4. Конструкция и расчет конвертеров горизонтальных и вертикальных фурмовщиков.

Конструкция и элементы расчета печей: рудно-термических, рафинировочных, вакуумно-дуговых, электронно-лучевых, электрошлакового переплава, плазменно-дуговых.

4.5. Оборудование для рафинирования меди, никеля, электролиза магния, алюминия. Оборудование для уборки жидкого металла.

4.6. Разливочные машины и оборудование. Конструкция и расчет карусельных машин, ленточных машин, установок полунепрерывного и непрерывного литья.

Раздел 5. Машины и агрегаты прокатного, трубного и волочильного производства

5.1. Назначение и классификация прокатных станов. Сортамент продукции, типы и назначение машин и агрегатов прокатных станов. Классификация станов по назначению, конструкции.

5.2. Основные принципы построения технологического процесса прокатки: режим и качество нагрева, температурные поля, технология многослитковой прокатки. Технология производства заготовок (обжимные станы – слябинг, заготовочные станы).

5.3. Конструкция и расчет обжимных и заготовочных станов, листовых станов горячей прокатки, сортовых станов горячей прокатки, проволочных станов и станов холодной прокатки.

5.4. 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 привода и его проверка.

5.5. Главные линии рабочих клеток прокатных станов.

5.6. Конструкция и расчет 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, шестеренных клеток, редукторов.

5.7. Кинематические, прочностные и динамические расчеты. Выбор и расчет привода. Машины и агрегаты поточных технологических линий.

5.8. Ножницы с параллельными и наклонными ножами, дисковые ножницы, летучие ножницы, дисковые пилы, правильные машины, рольганги, подъемники, поворотные механизмы, толкатели, манипуляторы и кантователи.

5.9. Конструкция и расчет моталок, разматывателей, отгибателей. Машины и агрегаты для отделки проката.

5.10. Классификация и сортамент труб. Основные процессы производства труб: горячедеформированных бесшовных, сварных и холоднодеформированных.

5.11. Конструкция и расчет станов для прошивки трубной заготовки. Гидравлические трубопрутковые и прутковопрофильные прессы.

5.12. Агрегаты непрерывной печной сварки труб. Трубоэлектросварочный стан Оборудование для формовки, сварки, калибровки, резки и уборки труб.

5.13. Оборудование линии подготовки – разматыватели, правильные машины, ножницы, стыкосварочные машины, тянущие ролики, петлеобразователи, дисковые ножницы.

5.14. 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.

5.15. 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.

5.16. Элементы теории процесса волочения металлов. Конструкция и расчет 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.

Раздел 6. Основы расчета машин и агрегатов

6.1. Кинематика типовых исполнительных механизмов машин дискретного и непрерывного действия для обработки металлов давлением (прессов; ковочных машин, ножниц, прокатных станов).

6.2. Виды фрикционных связей и законы трения. Влияние скоростей скольжения и нагрузок на условия трения. Механизм действия смазок. Износ при трении.

6.3. Антифрикционные и фрикционные материалы, применяемые в узлах машин обработки металлов давлением.

6.4. Допускаемые напряжения и запасы прочности при статических и переменных напряжениях.

6.5. Испытания конструкционных материалов на растяжение и сжатие. Определение твердости, ударной вязкости, жаропрочности.

6.6. Теории прочности.

6.7. Усталостная прочность. Факторы, влияющие на предел выносливости. Масштабный фактор.

6.8. Концентрация напряжений. Теоретический и эффективный коэффициенты концентрации напряжений.

6.9. Расчеты напряжений и деформаций в деталях и узлах.

6.10. Основные положения расчета, на прочность и жесткость плоских и пространственных рам (применение к расчетам станин, прессов, станин клетей прокатных станов).

6.11. Расчеты круглых валов, подвергаемых изгибу с кручением (применение к расчетам на прочность и жесткость коленчатых валов кривошипных прессов и валков прокатных станов).

6.12. Расчеты сжатых стержней на устойчивость и определение критической силы (применение к расчетам шатунов, предварительно-напряженных станин прессов и рабочих клетей прокатных станов).

6.13. Расчет напряжений и деформаций в толстостенных цилиндрах под действием внутреннего давления (применение к расчетам прокатных валков и рабочих цилиндров гидравлических прессов).

6.14. Понятие о приспособляемости узлов и деталей машин к условиям работы без повреждений. Приспособляемость при теплосменах и внешнем нагружении.

6.15. Методы расчета динамических нагрузок в деталях и узлах машин.

Раздел 7. Динамика, надежность и долговечность металлургических машин

7.1. Динамический 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.

7.2. 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.

7.3. Эксплуатационная надежность систем транспортирования материалов, полуфабриката и готовой продукции в металлургических цехах. Современные методы расчета эксплуатационной надежности.

7.4. 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.

7.5. 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.

7.6. 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.

7.7. 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.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Детали машин: Учебник / Под ред. О.А. Ряховского. - М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. - 543 с.

2. Детали машин и основы конструирования: Учебник / Под ред. С.М. Горбатюка. - М.: Изд. дом МИСиС, 2014. – 377 с.

3. Живов Л.И., Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н. Кузнечно-штамповочное производство: Учебник для вузов. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2006. – 560 с.

4. Жиркин Ю.В. Надежность, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт металлургических машин: Учебник. - Магнитогорск: МГТУ, 2002. - 330 с.

5. Жиркин Ю.В. Основы теории трения и изнашивания (основы триботехники): Учебное пособие. - Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007. - 95 с.

6. Заводяный А.В., Нефедов А.В., Чиченев Н.А., Шур И.А. подготовки шихтовых материалов: Учебник. - Орск: изд-во ОГТИ, 2013. – 157 с.

7. Лукашкин Н.Д., Кохан Л.С., Якушев А.М. Конструкция и расчет машин и агрегатов металлургических заводов: учебник для вузов. — М.: ИКЦ Академкнига, 2003. — 456 с.

8. Машиностроение. Энциклопедия. Том IV. Машины и агрегаты металлургического производства / Н.В.Пасечник, В.М.Синицкий, В.Г.Дрозд и др. – М.: Машиностроение, 2000. – 912 с.

9. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Том 1. Машины и агрегаты доменных цехов. Учебник для вузов / А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребеник и др. - М.; Металлургия, 1987. - 440 с.

10. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Том 2. Машины и агрегаты сталеплавильных цехов. Учебник для вузов / А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребеник и др. - М.; Металлургия, 1988. - 432 с.

11. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. 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.
12. Механическое оборудование заводов цветной металлургии. Учебник для вузов в 3-х частях. Часть 1. Механическое оборудование для подготовки шихтовых материалов./ Притыкин Д.П. - М.: Металлургия, 1988. - 392 с.
13. Механическое оборудование заводов цветной металлургии. Учебник для вузов в 3-х частях. Часть 2. Механическое оборудование цехов для производства цветных металлов. / Кохан Л.С., Сапко А.И., Жук А.Я. - М.: Металлургия, 1988. - 392 с.
14. Механическое оборудование заводов цветной металлургии. Учебник для вузов в 3-х частях. Часть 3. Механическое оборудование цехов по обработке цветных металлов. / Королев А.А., Навроцкий А.Г., Вердеревский В.А. и др. - М.: Металлургия, 1988. - 392 с.
15. Теория механизмов и механика машин: Учебник для вузов / Под ред. К.В. Фролова. - М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. - 664 с.
16. Чиченев Н.А. Эксплуатация технологических машин: Учебник. - М.: Изд. дом МИСиС, 2014. – 324 с.
17. Шишко В.Б., Чиченев Г.А. Надежность технологического оборудования: Учебник. – М.: Изд. дом МИСиС, 2012. – 190 с.

ЧАСТЬ 4. ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ

Раздел 1. Теория обработки давлением

1.1. Строение металлов. Упругая и пластическая деформация монокристаллов и поликристаллов.

1.2. Механические схемы деформации. Монотонность деформации. Смещенный объем. Закон постоянства объема. Показатели и коэффициенты абсолютной и относительной деформации, их взаимосвязь и сопоставимость.

1.3. Понятие о степени использования запаса пластичности деформируемого металла. Показатели предельной пластичности.

1.4. Механизм контактного трения в различных процессах обработки металлов давлением. Роль технологических смазок.

1.5. Понятие о сверхпластичности. Импульсное деформирование. Деформационное разупрочнение.

Раздел 2. Технологии производства продукции методами обработки давлением

2.1. Профильный и марочный сортамент прокатного производства черных и цветных металлов. Способы производства слитков и заготовок.

2.2. Совмещенные технологические процессы в производстве листовой и сортовой продукции. Технологические особенности прокатки непрерывнолитого металла.

2.3. Характеристика и классификация технологических процессов производства горячедеформированных бесшовных труб. Прошивка заготовок. Раскатка гильз в черновые (предельные) трубы. Калибрование и редуцирование труб.

2.4. Сортамент и основные требования, предъявляемые к качеству изделий, получаемых волочением. Технологический процесс и основное оборудование для производства прутков, труб, проволоки, калиброванного металла и фасонных профилей волочением.

2.5. 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.

Раздел 3. Машины и агрегаты обработки давлением

3.1. Назначение и классификация прокатных станков. Сортамент продукции, типы и назначение машин и агрегатов прокатных станков. Классификация станков по назначению, конструкции.

3.2. Состав оборудования, принцип действия и основные характеристики

современных обжимных и заготовочных станов.

3.3. Кинематические, прочностные и динамические расчеты. Выбор и расчет привода. Машины и агрегаты поточных технологических линий.

3.4. Назначение и принцип действия прошивного, автоматического, непрерывного, пилигримового, раскатного стана винтовой прокатки, редуционного стана.

3.5. Конструкция и основные параметры гидравлических прессов. Привод гидравлических прессов. Виды и расчет мощности насосов. Распределительные устройства, гидравлические сети и арматура.

Раздел 4. Технологический инструмент обработки давлением

4.1. Понятие о надежности, ресурсе и гарантийном сроке службы инструмента.

4.2. Выбор материала инструмента. Технология изготовления инструмента.

4.3. Остаточные напряжения. Учет температурных и силовых условий эксплуатации инструмента.

4.4. Составной инструмент. Способы восстановления служебных свойств инструмента.

4.5. Лазерное упрочнение, наплавка и поверхностное легирование технологического инструмента.

Раздел 5. Основы расчета машин и агрегатов обработки давлением

5.1. Кинематика типовых исполнительных механизмов машин дискретного и непрерывного действия для обработки металлов давлением (прессов; ковочных машин, ножниц, прокатных станов).

5.2. Виды фрикционных связей и законы трения. Влияние скоростей скольжения и нагрузок на условия трения. Механизм действия смазок. Износ при трении.

5.3. Усталостная прочность. Факторы, влияющие на предел выносливости. Масштабный фактор.

5.4. Методы расчета динамических нагрузок в деталях и узлах машин.

Раздел 6. Надежность и техническая диагностика машин и агрегатов обработки давлением

6.1. Основные понятия теории надежности. Надежность элемента. Основные типы распределений, используемых в теории надежности. Восстанавливаемые и стареющие элементы.

6.2. Основные понятия технической диагностики. Объекты диагноза. -Модели непрерывных объектов.

6.3. Основные методы технической диагностики механических систем, их классификация

6.4. Мероприятия по повышению надежности и долговечности оборудования и их эффективность.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

а) основная литература

1. Процессы прокатки / М.А. Зайков, В.Г. Полухин, и др. - М.: МИСиС 2004 - 640 с.
2. Теория и технология прокатного производства / А.П. Рудской, В.А. Лунев и др. - М.: Интермет Инжиниринг.
3. Технология трубного производства / Б.А. Романцев, А.В. Гончарук, Н.М. Вавилкин, С.В. Самусев. - М.: Изд. Дом МИСиС, 2011.
4. Технология трубного производства: Учебник для вузов / В.Н. Данченко, А.П. Коликов, Б.А. Романцев, С.В. Самусев. - М.: Интермет Инжиниринг, 2002. - 640.
5. Машины и агрегаты для производства стальных труб: учебное пособие / Ю.Ф. Шевакин [и др.]. - М.: Интермет Инжиниринг, 2007. 388 С.
6. Кузнечно-штамповочное оборудование / Тудков И.Н. - Ульяновск: УлГТУ, 2012. - 60 с.
7. Теория, расчеты и конструкции кузнечно-штамповочного оборудования М.В. Кудин, Овчинников П.С. и др. - Минск. БИТУ, 2012 - 52с.
8. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для студентов высших уч. зав. / Бочаров Ю.А. - М.: Издательский центр «Академия» 2008 - 480с.
9. Основы механики сплошных сред: учебник / Б.Е. Победря, Д.В. Георгиевский. - М.: Физматлит, 2006. — 272 с.
10. Механика сплошных сред / В.Г. Черняк, П.Е. Суетин. - М.: физматлит, 2006. - 352 с.
11. Теория и технология прокатного производства: Учебное пособие / А.И. Рудской, В.А. Лунев. - СПб.: Наука, 2005 - 540 с.
12. Технология-процессов прессования / Б.В. Баричко, Я.И. Космацкий, К.Ю. Панова. - Челябинск: ЮУрГУ, 2011. - 70 с.

б) дополнительная литература

13. Кузнечно-штамповочное оборудование / Живов Л.И., Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н. - М.: - Издательство МГТУ им Баумана Н.Э. 2006 - 480с.
14. Кузнечно-штамповочное оборудование / В.Н. Таловеров, И.Н. Гудков и др. Ульяновск улГТУ 2005 - 145 с.

15. Оборудование кузнечно-штамповочных цехов. Часть 2 Гидравлические прессы / И.В. Кишкин - г. Электросталь ЭПИ МИСиС 2006 - 96с.
16. Обработка металлов давлением: Учебник / Б.А. Романцев, А.В. Гончарук, Н.М. Вавилкин, С.В. Самусев. - М.: МИСиС. 2008. - 960 с.
17. Механика сплошных сред. Теория упругости и пластичности / Г.С. Казакевич, А.И. Рудской. - СПб.: СПбГПУ, 2003. - 246 с.
18. Технология процессов обработки металлов давлением / П.И. Полухин и др. - М.: Металлургия, 1988. -408 с.
19. Теория пластичности для инженеров / У. Джонсон, П.Б. Меллор пер. А.Г. Овчинников. - М.: Машиностроение, 1979. - 567 с
20. Целиков А. И., Полухин П. И., Гребеник В. М. и др. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Т. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката. — М.: Металлургия, 1981.
21. Полухин П. И., Федосов Н. М., Королев А. А., Матвеев Ю. М. Прокатное производство. — М.: Металлургия, 1981.
22. Охрименко Я. М. Технология кузнечно-штамповочного производства. — М.: Машиностроение, 1976.
23. Сторожев М. В., Попов Е. А. Теория обработки металлов давлением. — М.: Машиностроение, 1977.
24. Целиков А. И., Томленое А. Д., Зюзин В. И. и др. Теория прокатки. Справочник. — М.: Металлургия, 1982.
25. Целиков А. И., Рокотян С. Е., Никитин Г. С. Теория продольной прокатки. — М.: Металлургия, 1981.
26. Полухин П. И., Николаев В. А., Полухин В. П., Толпеева Н. М. Прочность валков. — Алма-Ата: Наука, 1984.
27. Проников А. С. Надежность машин. — М.: Машиностроение. 1978. — 592 с.
28. Биргер И. Л. Техническая диагностика. — М.: Машиностроение, 1978. — 240 с.
29. Болотин В. В. Прогнозирование ресурса. М.: Паука, 1984.
30. Коллинз Д. Повреждение материалов в конструкциях. М.: Мир, 1984.