

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра машиностроения**

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ,  
ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ  
МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

*Методические указания к самостоятельным работам  
для студентов магистратуры направления 15.04.02*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**  
**2020**

УДК 669.02/09 (073)

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ:** Методические указания к самостоятельным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *С.Л. Иванов, А.В. Михайлов, В.В. Габов, П.В. Иванова*. СПб, 2020. 21 с.

Изложены общие требования к самостоятельной работе магистров направления подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование», даны темы рефератов, соответствующие направленности (профилю) «Металлургические машины и оборудование». Приведена структура металлургических переделов и металлургические машины и оборудование для реализации технологических процессов, реализуемых на предприятиях металлургической отрасли.

Методические указания предназначены для студентов магистратуры направления 15.04.02 «Технологические машины и оборудование» направленности (профиль) «Металлургические машины и оборудование» по учебным дисциплинам: «Научные основы проектирования, эксплуатации и ремонта металлургических машин и оборудования», «Научные основы проектирования, эксплуатации и ремонта машин и оборудования для получения сырьевых материалов», «Научные основы проектирования, эксплуатации и ремонта машин и оборудования подготовки материалов металлургической шихты», «Научные основы проектирования, эксплуатации и ремонта обогатительных машин и оборудования», «Научные основы проектирования, эксплуатации и ремонта транспортирующих и грузоподъемных машин и оборудования», «Научные основы проектирования, эксплуатации и ремонта трансмиссий технологических машин металлургического производства», а также могут быть полезны для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» и направления подготовки 15.04.01 «Машиностроение».

Научный редактор проф. *В.В. Максаров*

Рецензент канд. техн. наук *Е.Ю. Стенук* (ЗАО «Эс-Сервис»)

© Санкт-Петербургский  
горный университет, 2020

## ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа нацелена на повышение уровня теоретического и практического усвоения студентами курса учебной дисциплины по выбору: «Научные основы проектирования, эксплуатации и ремонта металлургических машин и оборудования». Задачей изучения дисциплины является ознакомление с основным и вспомогательным оборудованием металлургических предприятий в зависимости от особенностей технологического процесса, изучение его конструкций для подготовительного, металлургического и вторичного переделов.

Самостоятельная работа рассматривается как специфический вид деятельности и связана с самостоятельным получением знаний, закреплением, углублением и обобщением знаний, полученных ранее.

Организация самостоятельной работы предполагает формирование профессиональных компетенций, обеспечивающих проведение обучающимся самостоятельных научных исследований по оценке работоспособности и эффективности средств комплексной механизации металлургического производства, что предполагает: выполнение заданий, способствующих решению учебных задач; самостоятельное изучение отдельных аспектов содержания дисциплины; выполнение творческих заданий; подготовку к индивидуальным консультациям с преподавателем. Самостоятельная работа необходима не только для освоения дисциплины, но и для формирования навыков самостоятельной работы, как в учебной, так и профессиональной деятельности. Каждый студент магистратуры учится самостоятельному решению проблем, нахождению оригинальных творческих решений. Во время внеаудиторных занятий магистранты должны подготовить рефераты, направленные в основном на выявление и обоснование эффективности использования методов и средств механизации в избранной научной области.

В качестве самостоятельной работы магистров подразумевается написание реферата. Основная задача подготовки реферата состоит в том, чтобы на примере рассмотрения одной из актуальных задач, связанных с технологическими машинами, развить

навыки самостоятельной работы с оригинальными научными текстами, информационно-аналитической литературой, монографическими исследованиями и разработками.

## **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАШИНАХ**

В зависимости от вида металлургического передела, технологической схемы его организации состав, конструктивные решения и особенности работы механического оборудования состав и конструкции металлургических машин различны. Выделяют следующие технологические схемы металлургических производств и присущее этим схемам оборудование:

- технологическую схему и оборудование для производства первичных металлов. Машины складов металлургического сырья. Машины и агрегаты подготовки шихты. Металлургическое оборудование доменных печей. Машины и агрегаты для транспортировки и переработки жидких продуктов плавки;

- технологическую схему и оборудование для выплавки металлов. Машины и агрегаты для переработки металлического лома. Механическое оборудование конверторных цехов. Машины для разлива металла. Механическое оборудование электросталеплавильных цехов. Механическое оборудование мартеновских цехов. Машины для транспортировки жидкого металла и его хранения;

- технологическую схему прокатки. Оборудование для подготовки металла к деформации. Транспортные устройства для перемещения металла. Рабочие линии прокатных станов. Оборудование для резки металла. Оборудование для правки продукции. Оборудование для охлаждения и смотки;

- технологическую схему производства труб. Оборудование для производства бесшовных труб. Оборудование для производства сварных труб;

- технологическую схемуковки. Конструкции молотов и специальных ковочных машин. Ковочные прессы;

- технологическую схему волочения. Конструкции волочильных станов и вспомогательного оборудования. Волочение специальных видов продукции;

- технологическую схему экструдирования. Конструкции основного оборудования.

Ниже представлен программа, увязывающая технологические схемы, процессы и оборудование для их реализации в единый понятийный комплекс. Самостоятельное изучение которого позволяет очертить круг вопросов которые целесообразно затронуть при подготовке реферата по теме магистерской диссертации.

### **1.1. Процессы, машины и агрегаты для подготовки шихтовых материалов к доменной плавке**

Исходные материалы: железные руды, марганцевые руды, флюсы. Способы и технологии производства шихтовых материалов. Технологические машины для их осуществления. Способы подготовки шихтовых материалов к доменной плавке. Дробление и сортировка. Обогащение. Окускование. Производство кокса. Технология производства железорудных окатышей.

Устройство агломерационной фабрики. Машины агломерационной фабрики.

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

### **1.2. Процессы, машины и агрегаты доменных цехов**

Устройство доменного цеха. Грузопотоки доменного цеха. Устройство и схема работы доменной печи. Основные реакции, протекающие в доменной печи.

Машины и агрегаты склада шихтовых материалов, типы и устройства механизированных складов. Типы и конструкции вагоноопрокидывателей. Типы и конструкции перегрузочных грейферных кранов. Усреднительные комплексы машин. Штабелеукладчик. Заборщик-усреднитель. Лопастной питатель. Усреднительный комплекс машин мостового типа.

Механизмы и машины бункерной эстакады. Бункерная эстакада. Системы подачи шихтовых материалов к скиповому подъемнику. Рудный перегрузочный вагон. Вагон-весы. Конвейеры для загрузки бункеров. Механизмы конвейерной системы подачи шихтовых материалов к скиповому подъемнику.

Механизмы рассева и подачи кокса в скип. Система рассева и подачи кокса в скип. Механизмы для уборки коксовой мелочи.

Машины для подачи шихтовых материалов к загрузочному устройству доменной печи. Устройство скипового подъемника. Наклонный мост. Скипы. Скиповые лебедки. 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. Типы и конструкции машин для вскрытия чугунной летки. Типы и конструкции машин для забивки чугунной летки (электрические пушки). Механизмы электропушки (механизм поворота, механизм прижима, механизм 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.

Процессы, машины и агрегаты для переработки жидких продуктов доменной плавки. Способы переработки жидких продуктов доменной плавки. Устройство отделения разлива чугуна. Типы и конструкции разливочных машин. Расчет производительности разливочной машины. Расчет мощности привода конвейера разливочной машины. Типы и конструкции устройств для кантования ковшей.

Агрегаты нагрева и подачи дутья в доменную печь. Способ нагрева и подачи дутья в печь. Комплекс воздухонагревателей доменной печи. Типы, устройство и работа воздухонагревателей. Газовые горелки и клапаны нагревательного тракта. Клапаны и

фурменные приборы тракта горячего дутья: отсечной клапан, атмосферный клапан, фурменный прибор. Приводы клапанов.

### **1.3 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. Привод механизма поворота миксера. Миксерные краны. Машины для скачивания шлака. Передвижные миксеры.

Производство стали в конверторах. Кислородно-конверторные цехи. Устройство кислородного конвертора. Выбор основных параметров конверторов. Основные процессы, протекающие в кислородном конверторе. Технологические режимы продувки.

Механизм поворота конвертора. Механизмы подачи кислородной фурмы. Механизмы перемещения и поворота кислородной фурмы. Механизированные системы транспортирования и загрузки сыпучих материалов и раскислителей. Механизированные системы загрузки скрапа в конвертор. Механизированные системы подачи чугуна. Механизация работ при ремонте кислородных конверторов. Механизация работ на вспомогательных участках кислородно-конверторных цехов.

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

МНЛЗ горизонтального типа. Оборудование технологической линии машин горизонтального типа.

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

Машины для разливки стали в изложницы. Типы изложниц. Способы разливки стали. Разливка сверху. Сифонная разливка. Сталеразливочные ковши. Затворы сталеразливочных ковшей. Толкатели составов тележек с изложницами. Разливочные краны. Особенности расчета разливочных кранов.

Машины для разведения слитков и подготовки изложниц. Краны для разведения слитков. Машины для чистки и смазки изложниц. Механизация работ по подготовке изложниц и составов с изложницами.

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

Машины и агрегаты электросталеплавильных цехов. Классификация. Устройство и грузопотоки электросталеплавильных цехов. Конструкции механизмов электропечей. Регуляторы перемещения электродов дуговых электропечей. Крановые завалочные машины. Гидравлическая напольная завалочная машина. Машины для загрузки электропечей шлакообразующими материалами. Машины для горячего ремонта футеровки электропечей. Устройство и работа индукционных печей.

Электроннолучевая плавка металлов. Электрошлаковый переплав. Вакуумирование стали. Машины и агрегаты установок электрошлакового переплава стали. Машины и агрегаты установок для электронно-лучевой плавки. Машины и агрегаты установок для вакуумирования и производства синтетических шлаков.



Производство стали в мартеновских печах. Устройство мартеновской печи. Техничко-экономические показатели мартеновской плавки. Машины и агрегаты мартеновских цехов.

#### **1.4. Процессы, машины и агрегаты для получения цветных металлов и сплавов**

Заводы цветной металлургии. Структуры, продукты, грузопотоки. Оборудование складов сыпучих шихтовых материалов.

Оборудование для бункерного хранения и дозирования. Конструкция питателей. Оборудование для классификации. Общие сведения о процессах. Конструкция грохотов.

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

Обогатительное оборудование. Процессы и оборудование для смешивания, окомкования и окускования. Оборудование для подачи сырых материалов к печи и для загрузки материалов в шихтоприготовительные и плавильные печи.

Механическое оборудование топливных печей. Конструкция конвертеров горизонтальных, вертикальных фурмовщиков. Конструкция и элементы печей – руднотермических, рафинировочных, вакуумно-дуговых, электронно-лучевых, электрошлакового переплава, плазменно-дуговых.

Оборудование для рафинирования меди, никеля, электролиза магния, алюминия.

Оборудование для уборки жидкого металла. Разливочные машины и оборудование. Конструкция карусельных машин, ленточных машин, установок полунепрерывного и непрерывного литья.

#### **1.5. Машины и агрегаты прокатного, трубного и волочильного производства**

##### **1.5.1 Процессы и оборудование для прокатки**

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

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

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

Теория расчета энергосиловых параметров прокатных станов: давление при горячей и холодной прокатке, усилия при горячей и холодной прокатке, моменты при горячей и холодной прокатке.

Главные линии рабочих клетей прокатных станов.

Конструкция основных узлов рабочих клетей станов: валков различных типов, подшипников (в том числе жидкостного трения), подушек, механизмов и устройств для установки и уравнивания валков, нажимных механизмов, станин рабочих клетей, устройств для уменьшения разнотолщинности проката, привода валков рабочей клетки, шпинделей, муфт, шестеренных клетей, редукторов.

Машины и агрегаты поточных технологических линий.

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

Конструкция и расчет моталок, разматывателей, отгибателей.

### **1.5.2 Машины и агрегаты для отделки проката**

Процессы и оборудование для производства труб.

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

Конструкция станов для прошивки трубной заготовки.

Гидравлические трубопрутковые и прутковопрофильные прессы.

Агрегаты непрерывной печной сварки труб.

Трубоэлектросварочный стан Оборудование для формовки, сварки и калибровки, оборудование для резки и уборки труб.

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

Современные конструкции формовочно-сварочных клетей. Двухвалковые сварочные узлы, многовалковые сварочные узлы и устройства, цепные опорно-сварочные узлы. Устройства для зачистки грата. Конструкция калибровочного инструмента.

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

### **1.5.3 Волоочильные станы**

Элементы теории процесса волочения металлов.

Конструкция 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.

## **1.6 Динамика, надежность и долговечность металлургических машин**

Колебательные процессы в машинах. Динамические модели механической системы. Динамические нагрузки в машинах при различном характере технологического нагружения. Динамические нагрузки в линии привода от упругих ударов в зазорах. Параметрические колебания. Автоколебания в металлургических машинах. Пути снижения динамических нагрузок в металлургических машинах. Влияние режима работы обжимных, рельсобалочных, заготовочных, сортовых, листовых и универсальных станов на динамику главных линий.

Эксплуатационная надежность систем транспортирования материалов, полуфабриката и готовой продукции в металлургических цехах.

Повышение долговечности основных элементов оборудования металлургических заводов. Выбор материалов и методов упрочняющей обработки деталей, полет агломерационных и обжиговых машин. Повышение срока службы деталей дробилок и грохотов. Стойкость и пути повышения долговечности деталей загрузочных устройств доменных печей. Пути повышения долговечности броневых плит по тракту перемещения шихтовых материалов. Повышение долговечности крановых колес. Срок службы и повышение долговечности элементов конвейерных систем. Повышение долговечности основных деталей завалочных и заправочных машин. Материалы и методы повышения долговечности прокатных валков и проводковой арматуры. Материал и методы повышения долговечности дисков пил и ножей для холодной и горячей резки металла. Материалы и методы повышения долговечности инструмента для деформирования металлов в холодном и горячем состоянии. Пути повышения долговечности шестерен, звездочек, валов, осей, деталей цепей и другого оборудования металлургических заводов.

## **2. РЕФЕРАТИВНАЯ ФОРМА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Выполнение реферата отражает:

- 1) уровень владения студентом учебным материалом по дисциплине;
- 2) демонстрацию умения применять полученные знания в качестве методологических оснований в решении учебных, профессиональных и других задач;
- 3) степень развития навыков самостоятельной научной работы по сбору, изучению, анализу и обобщению, а также по обоснованию и изложению материала, необходимого для раскрытия выбранной темы;

***Не допускается*** включение в реферат:

- а) материалов, не имеющих прямого отношения к избранной научной области (например, вывод формул; подробные описания

используемого математического аппарата; подробные описания экспериментов);

б) материалов по устаревшим технологиям и машинам.

в) включение в реферат материалов, заимствованных из рефератов других магистрантов;

г) использование материалов из печатных или электронных источников без ссылок на них.

Тема научного исследования должна соответствовать научным направлениям магистерской программы, компетенциям направления подготовки, а также специфике деятельности предприятий топливно-энергетического комплекса.

Реферат выполняется в течение промежутка времени, отведенного для этого учебным планом.

Темы для самостоятельной работы отражают актуальные проблемы развития науки и практики. Они определяются в процессе собеседования преподавателя и студента с целью максимального содействия развитию профессионально-познавательных интересов будущих выпускников.

## **2.1 Структура и содержание реферата**

Реферат (от лат. *refero* - докладываю, сообщаю) – краткое изложение в письменном виде результатов изучения интересующей научной задачи, включающий обзор соответствующих литературных и других источников. Он состоит из трех частей: общая характеристика текста (выходные данные, формулировка темы); описание основного содержания; заключение по реферату. Студент имеет право, по согласованию с преподавателем, самостоятельного выбора темы реферата в соответствии с заданной тематикой. В своем реферате студент излагает точки зрения по затронутым в работе вопросам и полемику ведущих специалистов по изучаемой теме, делает соответствующие выводы и определяет свое мнение по указанной теме.

Объем зависит от поставленной задачи: от 50 до 100 страниц.

Во введении приводится трактовка ключевых понятий, представляется и актуализируется задача, решению которой

посвящено данное задание, составляющая, с точки зрения студента, существо задания, формируется и формулируется цель работы.

Основная часть – систематизированное, аргументированное изложение поставленной задачи.

В заключении даются краткие выводы и результаты решения задачи.

В рамках самостоятельной работы студент последовательно выполняет реферат, тематика которого формируется в соответствии с наименованием учебных дисциплин по выбору студента, в рамках которых студентом магистратуры подготавливается магистерская диссертация:

«Научные основы проектирования, эксплуатации и ремонта металлургических машин и оборудования»;

«Научные основы проектирования, эксплуатации и ремонта машин и оборудования для получения сырьевых материалов металлургической шихты»;

«Научные основы проектирования, эксплуатации и ремонта машин и оборудования подготовки материалов металлургической шихты»;

«Научные основы проектирования, эксплуатации и ремонта обогатительных машин и оборудования»;

«Научные основы проектирования, эксплуатации и ремонта транспортирующих и грузоподъемных машин и оборудования металлургических предприятий»;

«Научные основы проектирования, эксплуатации и ремонта трансмиссий технологических машин металлургического производства».

Требования к магистерским диссертациям указаны в [2, 3]. Реферат представляет собой структурированный материал, помещаемый в первую главу магистерской диссертации. Первая глава должна показать, что соискатель владеет в полной мере вопросами металлургического производства, знает машины и оборудование технологических процессов, разбирается в предмете своего исследования (машина, агрегат, узел), знаком с научной литературой по теме диссертационной работы и представляет

степень ее проработанности предшествующими исследователями, для чего представляет анализ и обобщение известных теоретических и экспериментальных работ.

В реферате описывается металлургического производства соответствующего передела, технологические процессы, машины и оборудование для его реализации, определяется объект исследования, представляющий собой процесс проявления закономерностей внешних и внутренних рабочих процессов в металлургических машинах и оборудовании, выявление которых позволит провести модернизацию предмета исследований, суть – оборудования, в соответствии с современными требованиям производственной технологии, качества, надежности, долговечности, промышленной и экологической безопасности при создании новых образцов машин, агрегатов и механизации производства в целом. Анализ и обобщение современных достижений по теме диссертации, включая теоретические, экспериментальные исследования, использование в практике промышленных предприятий и производств, выявляется круг исследователей, работавших в этом направлении. Формулируется задача или противоречие, которые необходимо решить в рамках работы над диссертацией.

Реферат пишется на основании изученных и обобщенных материалов по оценке условий функционирования предмета исследования, действующих на него внешних факторов и анализа существующих способов машин и устройств, предназначенных для комплексной механизации в подобных условиях. Целью написания реферата является формирование и структурирование материала, собранного студентом по тематике исследования, для составления технического задания (ТЗ) [1] на НИР с учетом последующего его выполнения.

Для решения поставленной цели магистранту в работе над рефератом следует решить следующие текущие задачи:

- Оценить место объекта в технологии производства;
- Описать условия функционирования объекта, дать техническую характеристику объекта;

- Детально описать конструкцию предмета исследования, технологические характеристики, принцип действия, воспринимаемые нагрузки;
- Дать анализ предмета с позиции надежности его функционирования и выявления его «узких» или «слабых» мест;
- Составить структурную схему надежности объекта;
- Сделать выводы и поставить задачи по совершенствованию объекта, которые студент будет решать в магистерской диссертации;
- Уточнить тему диссертационной работы в рамках своего направления подготовки.

Как правило, реферат выполняется по предлагаемой ниже тематике, либо может касаться вопросов надежности, диагностики и технического обслуживания объектов. Студент также может предложить свою тему, в рамках выполнения его диссертационной работы.

## **2.2 Примерные темы рефератов**

1. Обеспечение надежности, долговечности и безотказности металлургической машины и ее элементов методами сервисного обслуживания.
2. Исследование и выбор рациональных параметров механизма дробилки со сложным движением щеки.
3. Особенности организации технического обслуживания металлургического оборудования.
4. Диагностика и мониторинг механических трансмиссий металлургических машин для эффективного проведения их технического обслуживания по техническому состоянию.
5. Особенности организации сервисного обслуживания технологического оборудования.
6. Прогнозирование технического состояния трансмиссий металлургических машин.
7. Выбор рационального угла наклона распорной щеки щековой дробилки.
8. Исследование конструкции двухщековой дробильной машины с восьмизвенным механизмом привода щек.



9. Повышение срока службы валков клетки прокатного стана.
10. Повышение производительности кристаллизатора литейной машины.
11. Оценка остаточного ресурса открытой крупномодульной зубчатой передачи горизонтального конвертера.
12. Прогнозирование ресурса зубчатых передач металлургических машин с учетом вероятностной природы отказов.
13. Обоснование параметров шнеко-фрезерного исполнительного органа для получения материалов металлургической шихты.
14. Прогнозирование износостойкости и долговечности опор качения трансмиссий металлургических машин с учетом энергетического критерия.
15. Типы и конструкция металлургических машин и оборудования, тенденции их развития.
16. Механическое оборудование металлургических цехов заводов цветной металлургии.
17. Обеспечение прочностной надежности металлургических машин.
18. Основы проектирования узлов и механизмов металлургических машин.
19. Обеспечение надежности, долговечности и безотказности металлургической машины и ее элементов технологическими методами.
20. Обеспечение надежности, долговечности и безотказности металлургической машины и ее элементов проектно-конструкторскими методами.
21. Защита металлургических машин от поломок.
22. Машины и оборудование по переработке вторичных металлов и металлических материалов.

### **2.3 Оформление реферата**

Набор текста реферата оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ на листах формата А4 средствами текстового процессора Microsoft Word. Поля: левое 25 мм; правое, верхнее и

нижнее – 20 мм. Стил ь шрифта – Times New Roman, размер шрифта для заголовков глав и других рубрикаций – 14, для текста – 12, межстрочный интервал – 1,5, отступ первой строки абзаца – 1,25 и выравнивание по ширине. Расстановка переносов слов в тексте должна выполняться автоматически.

Заголовки печатаются без переносов и выравниваются по центру. Разрешается использовать в тексте курсивное и полужирное начертание для акцентирования внимания на важных положениях текста.

Заголовки структурных частей реферата («СОДЕРЖАНИЕ», «РАЗДЕЛ 1», «РАЗДЕЛ 2», «РАЗДЕЛ 3», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ») печатают прописными буквами по центру строк без абзацного отступа полужирным шрифтом.

Каждую структурную часть реферата следует начинать с нового листа. Заголовки подразделов (параграфов) и пунктов печатают строчными буквами (первая прописная) с абзацного отступа полужирным шрифтом. В конце заголовков точку не ставят. Выравнивание – по левому краю. Если заголовок включает несколько предложений, их разделяют точками. Перенос слов в заголовках, названиях таблиц и рисунков не допускается.

Интервал между заголовком и последующим текстом должен составлять 12 пунктов. Если между двумя заголовками текст отсутствует (например, между заголовками главы и подраздела), то интервал между ними устанавливается в 12 пунктов. Интервал между заголовком и предшествующим текстом должен составлять 24 пункта.

Страницы следует нумеровать арабскими цифрами размером 12 пунктов с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту реферата. Номер страницы проставляется в центре нижнего колонтитула. Титульный лист включают в общую нумерацию страниц, однако номер страницы на титульном листе не проставляют. Рисунки и таблицы, расположенные на отдельных листах, включают в общую нумерацию страниц.

Нумерация разделов, подразделов, пунктов, рисунков, таблиц, формул, уравнений дается арабскими цифрами. Номер

подраздела состоит из номера раздела и порядкового номера подраздела, разделенных точкой.

Пункты нумеруют в пределах каждого подраздела. Номер пункта состоит из порядковых номеров главы, подраздела и пункта, разделенных точками, например, 2.4.1 – первый пункт четвертого подраздела второй главы.

Заголовки разделов, подразделов и пунктов приводят после их номеров без точки через пробел.

Иллюстрации и таблицы следует располагать непосредственно на странице с текстом после абзаца, в котором они упоминаются впервые, или отдельно на следующей странице, если они занимают все поле листа формата А4.

Иллюстрации и таблицы обозначают соответственно словами «Рисунок» и «Таблица» и нумеруют последовательно в пределах всей работы. На все таблицы и иллюстрации должны быть ссылки в тексте.

Иллюстрации, как правило, имеют наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст), располагаемые по центру страницы.

Таблицу с большим количеством строк переносят на следующий лист таким образом, чтобы головка таблицы не была оторвана от строк. При переносе части таблицы на другой лист ее заголовок указывают один раз над первой частью, слева над другими (переносимыми) частями пишут слово «Продолжение», а затем «Окончание» и указывают номер таблицы, например: «Окончание таблицы 1.2».

Заголовки граф и строк пишут с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописной, если они имеют самостоятельное значение.

Формулы набираются с помощью редактора формул, формулы располагаются по центру, нумерация проставляется в круглых скобках в правом положении на строке. Латинские буквы набираются курсивом; русские, греческие буквы, цифры и химические символы, критерии подобия – прямым.

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу или уравнение, приводится непосредственно под формулой или уравнением в той же последовательности, в которой они даны в формуле (уравнении). Значение каждого символа и числового коэффициента следует приводить с новой строки. Первую строку пояснения начинают со слова «где» без двоеточия.

В тексте реферата необходимо в квадратных скобках давать ссылки на источники. Библиографические ссылки в тексте реферата оформляются в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5–2008.

## **РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Научные основы проектирования, эксплуатации и ремонта. Разработка технического задания: Методические указания к практическим занятиям / Санкт-Петербургский горный университет. Состав.: С.Л. Иванов и др. СПб. 2017. 49 с.

2. Технологические машины и оборудование: Методические рекомендации по выполнению магистерской диссертации / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: В.В. Габов, С.Л. Иванов, А.В. Михайлов. СПб, 2017. 58 с.

3. Технологические машины и оборудование. Руководство по подготовке магистерской диссертации: Методические указания / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Сост.: В.В. Габов, С.Л. Иванов, В.В. Максаров. СПб, 2014. 34 с.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

Введение .....	3
1. Общие сведения о металлургических машинах .....	4
1.1. Процессы, машины и агрегаты для подготовки шихтовых материалов к доменной плавке .....	5
1.2. Процессы, машины и агрегаты доменных цехов.....	5
1.3. Процессы, машины и агрегаты сталеплавильных цехов .....	7
1.4. Процессы, машины и агрегаты для получения цветных металлов и сплавов .....	9

1.5. Машины и агрегаты прокатного, трубного и волочильного производства.....	9
1.5.1 Процессы и оборудование для прокатки.....	9
1.5.2 Машины и агрегаты для отделки проката.....	10
1.5.3 Волочильные станы.....	11
1.6 Динамика, надежность и долговечность металлургических машин.....	11
2. Реферативная форма самостоятельной работы.....	12
2.1 Структура и содержание реферата.....	13
2.2 Примерные темы рефератов.....	16
2.3 Оформление реферата.....	17
Рекомендуемый библиографический список.....	20

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ,  
ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ  
МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

*Методические указания к самостоятельным работам  
для студентов магистратуры направления 15.04.02*

Сост.: *С.Л. Иванов, А.В. Михайлов, В.В. Габов, П.В. Иванова*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
машиностроения

Ответственный за выпуск *С.Л. Иванов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 27.03.2020. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 1,2. Усл.кр.-отт. 1,2. Уч.-изд.л. 1,1. Тираж 50 экз. Заказ 261. С 58.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2