



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

09.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ***

Научная специальность

2.6.2. Metallurgy of black, colored and rare metals

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	1
Семестр	1, 2

Магнитогорск  
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГТ (приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951)

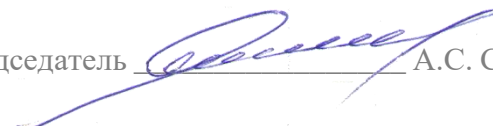
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallургии и химических технологий

08.02.2023, протокол № 5

Зав. кафедрой  А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

09.02.2023 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

профессор кафедры МиХТ, д-р техн. наук

 Г. К. Сибгатуллин

Рецензент:

Член диссертационного совета Д 212.111.01 зав.кафедрой общей металлургии

Южно-Уральского государственного университета, д-р техн. наук

 И. В. Чуманов

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

приобретение необходимой квалификации аспирантами по процессам извлечения железа и других элементов из рудного сырья в металл, выплавки стали, производства ферросплавов, цветных и редких металлов, что характеризуется компетенциями: КНС-1 «способность анализировать существующие технологии получения металлов и сплавов», КНС-2 «использовать теоретические знания для совершенствования существующих и раз-работки новых процессов получения металлов и сплавов».

### **2 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Металлургия черных, цветных и редких металлов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

КНС-1	Способен анализировать существующие технологии получения металлов и сплавов
КНС-2	Способен использовать теоретические знания для совершенствования существующих и разработки новых процессов получения металлов и сплавов

### 3. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 86 акад. часов;
- аудиторная – 86 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов;
- самостоятельная работа – 130 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа студента	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Лек.	практ. зан.		
<b>1. Агломерационное производство</b>					
1.1 Анализ существующей технологии подготовки шихты к агломерации и выявление новых направлений её осуществления.	1	2	2	5	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
1.2 Анализ существующей технологии смешивания и окомкования компонентов агломерационной шихты и выявление новых направлений их осуществления		2	2	5	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
1.3 Анализ технологии процесса спекания агломерационной шихты и выявление новых направлений его осуществления.		2	2	5	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
1.4 Анализ технологии процесса охлаждения, дробления и грохочения спечённого агломерата и выявление новых направлений их осуществления для улучшения его качества и повышения производительности агломашин.		2	2	5	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
Итого по разделу		8	8	20	
<b>2. Производство окатышей</b>					
2.1 Анализ существующей технологии подготовки шихты к производству окатышей и выявление новых направлений её осуществления.	1	1	1	5	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
2.2 Анализ существующей технологии смешивания компонентов шихты и формирования сырых окатышей, выявление новых направлений их осуществления		1	1	5	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
2.3 Анализ технологии процесса обжи-га окатышей и выявление новых направлений его осуществления		2	2	5	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос

2.4 Анализ технологии процесса охлаждения обожжённых окатышей и их грохочения, выявление новых направлений осуществления для улучшения качества продукции и повышения производительности		2	0,5	10	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
Итого по разделу		6	4,5	25	
3. Производство чугуна					
3.1 Анализ существующей технологии формирования слоя шихты в колошниковом пространстве и выявление новых направлений его осуществления	1	2	2	2	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
3.2 Анализ существующей технологии сжигания топлива в фурменных очагах доменной печи и выявление новых направлений его осуществления.		2	2,5	10	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
3.3 Анализ существующего режима противоточного движения шихты и газов в доменной печи выявление новых направлений его совершенствования		3	2	4	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
3.4 Анализ существующего режима теплообмена, восстановления, плавления и шлакообразования, выявление новых направлений совершенствования их хода для снижения удельного расхода кокса и повышения производительности печи		1	3	3	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
Итого по разделу		8	9,5	19	
Итого за семестр		22	22	64	зачёт
4. Производство стали					
4.1 Анализ существующей технологии подготовки шихты для передела чугуна в сталь и выявление новых направлений её осуществления	2	2	2	6	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
4.2 Анализ существующей технологии выплавки стали в кислородном конвертере и выявление новых направлений её совершенствования		2	2	6	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
4.3 Анализ существующей технологии выплавки стали в электропечах и выявление новых направлений её совершенствования		2	2	6	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
4.4 Анализ существующей технологии разливки выплавленной стали и выявление новых направлений её совершенствования		2	2	6	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
Итого по разделу		8	8	24	
5. Производство ферросплавов					
5.1 Анализ существующей технологии выплавки доменного ферромарганца и выявление новых направлений её осуществления	2	2	2	6	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление.

5.2 Анализ существующей технологии выплавки электропечного ферромарганца и выявление новых направлений её осуществления.		2	2	6	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
5.3 Анализ существующей технологии выплавки ферросилиция и выявление новых направлений её осуществления		2	2	5	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
5.4 Анализ существующей технологии выплавки феррохрома и выявление новых направлений её осуществления.		2	2	5	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
Итого по разделу		8	8	22	
6. Производство цветных и редких металлов					
6.1 Анализ существующей технологии выплавки меди и выявление новых направлений её осуществления.		2	2	5	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
6.2 Анализ существующей технологии выплавки никеля и выявление новых направлений её осуществления.	2	1	1	5	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
6.3 Анализ существующей технологии выплавки алюминия и выявление новых направлений её осуществления		1	1	5	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
6.4 Анализ существующей технологии извлечения ванадия и титана из титаномагнетитовых руд и выявление новых направлений её осуществления.		1	1	5	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос
Итого по разделу		5	5	20	
Итого за семестр		21	21	66	зачёт
Итого по дисциплине		43	43	130	зачет

#### **4 Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 1.

#### **5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

##### **а) Основная литература:**

1. Ивлев, С.А. Металлургические технологии. Metallurgy чёрных металлов : учебное пособие / С.А. Ивлев, М.П. Ключев. — Москва : МИСИС, 2017. — 45 с. — ISBN 978-5-906846-57-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108106> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Морачевский, А.Г. Термодинамические расчеты в химии и металлургии : учебное пособие / А.Г. Морачевский, И.Б. Сладков, Е.Г. Фирсова. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-3023-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/104851> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Сборщиков, Г.С. Современные проблемы металлургии и материаловедения : гидродинамика и массообмен в многофазных системах металлургии : учебное пособие / Г.С. Сборщиков, С.И. Чибизова. — Москва : МИСИС, 2016. — 141 с. — ISBN 978-5-87623-998-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93667> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

##### **б) Дополнительная литература:**

1. Бигеев, В. А. Металлургические технологии в высокопроизводительном электросталеплавильном цехе : учебное пособие / В. А. Бигеев, А. М. Столяров, А. Х. Валихметов ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016.

2. Парсункин, Б. Н. Автоматизация и оптимизация управления процессом выплавки чугуна в доменных печах : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, Т. Г. Сухонос-ва ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 215 с. : ил., табл., схемы, граф., диагр., номогр., эскизы. - ISBN 978-5-9967-1208-3. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3635.pdf&show=dcatalogues/1/1524803/3635.pdf&view=true> . - Макрообъект. - Текст: электронный. - Имеется печатный аналог.

3. Колесников, Ю. А. Металлургические технологии в высокопроизводительном конвертерном цехе : учебное пособие / Ю. А. Колесников, Б. А. Буданов, А. М. Столяров ; под ред. В. А. Бигеева; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2015 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2674.pdf&show=dcatalogues/1/1131421/2674.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электрон-ный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

4. Сборщиков, Г.С. Современные проблемы металлургии и материаловедения : гидроди-намика и массообмен в многофазных системах металлургии : учебное пособие / Г.С. Сборщиков, С.И. Чибизова. — Москва : МИСИС, 2016. — 141 с. — ISBN 978-5-87623-998-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93667> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Агеев, Н.Г. Моделирование процессов и объектов в металлургии : учебное пособие / Н.Г. Агеев. — Екатеринбург : УрФУ, 2016. — 108 с. — ISBN 978-5-7996-1712-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/99065> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Расчет параметров плавки стали в современной дуговой печи : учебное



пособие / В. А. Бигеев, М. В. Потапова, А. В. Пантелеев и др. ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1555.pdf&show=dcatalogues/1/1124790/1555.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электрон-ный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

7. Столяров, А. М. Технологические расчеты по непрерывной разливке стали : учебное пособие / А. М. Столяров, В. Н. Селиванов ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2011 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1556.pdf&show=dcatalogues/1/1124795/1556.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электрон-ный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

8. Крашенинникова, Н.Г. Основы технологии порошковой металлургии : учебное пособие / Н.Г. Крашенинникова, С.Я. Алибеков. — Йошкар-Ола : ПГТУ, 2018. — 156 с. — ISBN 978-5-8158-1975-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112485> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Складнова, Е.Е. Специальные стали и сплавы : учебное пособие / Е.Е. Складнова, Г.А. Воробьёва. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 79 с. — ISBN 978-5-907054-14-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122091> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. Устройство и проектирование доменных печей : учебное пособие / Л.И. Каплун, А.В. Малыгин, О.П. Онорин, А.В. Пархачев. — Екатеринбург : УрФУ, 2016. — 219 с. — ISBN 978-5-321-02486-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/98921> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

11. 7. Основы металлургического производства (учебник/под общей редакцией В.М. Ко-локольцева). СПб: Издательство «Лань» 2017, 616 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература.

12. Панишев Н.В., Сибатуллин С.К. Практикум по дисциплине «Новые процессы в металлургии». Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 107 с.

13. Сибатуллин С.К., Харченко А.С. Качество шихтовых материалов доменной плавки, включающих титаномагнетиты и сидериты: Учебное пособие. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 150 с.

14. Сибатуллин С.К., Харченко А.С. Рациональное использование металлургического кокса в доменной плавке: Учебное пособие. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2018. 163 с.

## в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>
Федеральный образовательный портал – Экономика. Социология.	<a href="http://ecsocman.hse.ru/">http://ecsocman.hse.ru/</a>
Университетская информационная система РОССИЯ	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer	<a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>

## Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся, которая предполагает выполнение практических работ.

**Цикл практических работ №1.** Составление аннотаций по составляющим темы «Движение газов и теплопередача в теории процессов производства агломерата». Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по составляющим темы:

- математические зависимости для расчёта газопроницаемости слоя; условия формирования и разрушения сводов над зазорами колосников; образование эллипсоидов разрыхления над зазорами колосников;

- математическое описание теплоёмкостей потоков шихты и газа по высоте спекаемого слоя; формируемые зоны по состоянию и условиям теплопередачи; общие и зональные тепловые балансы; значимые научно-технические разработки и научные исследования по теплопередаче в спекаемом слое агломерата и при его охлаждении на охладителе;

- мировые ресурсы информации о процессах производства агломерата; анализ полного технологического цикла получения агломерата; виды агломератов; показатели, характеризующие его свойства;

- методология анализа и обработки информационных потоков и информационных моделей при оценке поведения серы в процессах производства агломерата.

**Цикл практических работ №2.** Составление аннотаций по составляющим темы «Окисление, восстановление, твёрдофазные и жидкофазные процессы в теории производства агломерата». Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по составляющим темы:

- анализ процессов окисления и восстановления для выбора путей, мер и средств управления качеством агломерата;

- основные направления развития производства агломерата; значимые научно-технические разработки и научные исследования по качеству агломерата; разработка предложений по совершенствованию производства агломерата в условиях заданного предприятия (на примере “ММК”); применение инновационных методов решения задач по производству агломерата для доменной плавки;

- твёрдофазные и жидкофазные процессы агломерации; формирование физической структуры агломерата; виды блочных структур, пор, разделительных слоёв между порами; действие физической структуры на качество агломерата; термическое воздействие на агломерат после спекания;

- типовые системы автоматического управления технологическими процессами производства агломерата; системы поддержки принятия решения; разработка предложений для технических регламентов и стандартов по обеспечению безопасности производственного процесса в аглодоменном производстве.

**Цикл практических работ №3.** Составление аннотаций по составляющим темы «Исследование процессов восстановления и плавления в доменных печах». Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по составляющим темы:

- исследование термодинамическими расчётами предельно высокой степени использования монооксида углерода и водорода при восстановлении железа из оксидов, степени прямого и косвенного восстановления элементов чугуна;

- исследование термодинамическими расчётами степени прямого и косвенного восстановления железа из оксидов, определение степени восстановления железа водородом;

- исследование мировых ресурсов информации о процессах производства чугуна; анализ полного технологического цикла получения чугуна; изучение видов чугунов; анализ показателей, характеризующих свойства шлака;

- исследование поведения серы при производстве чугуна в доменных печах.

**Цикл практических работ №4.** Составление аннотаций по составляющим темы «Исследование технологического режима доменной плавки». Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по составляющим темы:

- анализ технологических процессов для выбора путей, мер и средств управления качеством чугуна доменной плавки;
- изучение основных направлений развития производства чугуна; разработка предложений по совершенствованию производства чугуна в условиях заданного предприятия (на примере “ММК”);
- изучение систем поддержки принятия решения при производстве чугуна в доменных печах;
- изучение систем автоматического управления технологическими процессами производства чугуна.

**Цикл практических работ №5.** Составление аннотаций по составляющим темы «Производство стали». Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по составляющим темы:

- анализ существующей технологии выплавки стали в кислородном конвертере и выявление новых направлений её совершенствования;
- анализ существующей технологии подготовки шихты для передела чугуна в сталь и выявление новых направлений её осуществления;
- анализ существующей технологии выплавки стали в электропечах и выявление новых направлений её совершенствования;
- анализ существующей технологии разлива выплавленной стали и выявление новых направлений её совершенствования

**Цикл практических работ №6.** Составление аннотаций по составляющим темы «Производство цветных и редких металлов». Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по составляющим темы:

- анализ существующей технологии выплавки меди и выявление новых направлений её осуществления;
- анализ существующей технологии выплавки никеля и выявление новых направлений её осуществления;
- анализ существующей технологии выплавки алюминия и выявление новых направлений её осуществления;
- анализ существующей технологии извлечения ванадия и титана из титаномагнетитовых руд и выявление новых направлений её осуществления.

Перечень вопросов для подготовки к устному опросу

1. Исследование роли марганцевой руды при производстве чугуна в доменных печах.
2. Исследование роли оксида  $\text{SiO}_2$  по влиянию на свойства шлака.
3. Исследование роли оксида  $\text{MgO}$  по влиянию на свойства шлака.
4. Исследование роли химического элемента (соединения), уменьшение участия которого в процессах восстановления обеспечивает в современных условиях снижение удельного расхода кокса.
5. Исследование действия природного газа на общее количество газов, проходящих через шихту в единицу времени.
6. Исследование влияния содержания кислорода в дутье на количество газов, приходящихся на одну тонну чугуна.
7. Исследование влияния расхода природного газа на удельный расход кокса.
8. Исследование влияния повышения содержания железа в шихте на удельный расход кокса в условиях доменной печи.
9. Исследование механизма восстановления железа из оксидов в доменной печи.

10. Исследование влияния температуры дутья на скорость восстановления железа из оксидов в условиях доменной печи.
  11. Исследование влияния содержания кислорода в дутье на скорость восстановления железа из оксидов в условиях доменной печи.
  12. Исследование влияния расхода природного газа на скорость восстановления железа из оксидов в условиях доменной печи.
  13. Исследование роли химического элемента (соединения), восстановление которым требует наибольшего количества тепла.
  14. Исследование роли химического элемента (соединения), обеспечивающего основное восстановление в горне и заплечиках.
  15. Исследование последовательности процесса восстановления по ходу движения шихты.
  16. Исследование степени восстановления железа в доменной печи.
- Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачёту:
1. Исследование формирования чугуна и первичных, промежуточных и конечных шлаков по высоте доменной печи по результатам анализа и обработки информационных потоков и использования информационных моделей.
  2. Исследование полного технологического цикла получения чугуна по результатам изучения мировых ресурсов информации о процессах производства чугуна.
  3. Исследование видов чугунов и особенностей их производства по результатам изучения мировых ресурсов информации о процессах производства чугуна.
  4. Исследование показателей, характеризующих свойства шлака, и влияние их на работу доменной печи по результатам изучения мировых ресурсов информации о процессах производства чугуна.
  5. Анализ технологических процессов для выбора путей, мер и средств управления качеством чугуна, в том числе для снижения содержания серы в нём.
  6. Исследование роли основных направлений развития производства чугуна.
  7. Инновационные мероприятия по совершенствованию производства чугуна в условиях определяющей роли силового взаимодействия потоков шихты и газа в верхней и нижней зонах доменной печи.
  8. Изучение типовых систем автоматического управления технологическими процессами производства чугуна. Системы поддержки принятия решения.
  9. Изучение технологической оснастки производства чугуна и переработки шлака.
  10. Исследования по загрузке доменной печи роторным устройством.
  11. Исследование оптимальности распределения слоя шихтовых материалов по окружности и сечению колошника доменной печи.
  12. Исследование реакций горения в фурменном очаге доменной печи.
  13. Исследование физического состояния зоны горения физическим и математическим моделированием.
  14. Исследование роли ровного схода шихты с достижением максимальной производительности и минимального удельного расхода кокса по результатам решения многокритериальных задач оптимизации процессов производства чугуна.
  15. Исследование организации процесса производства чугуна при необходимости ограничения производительности печи.
  16. Изучение зависимостей для термодинамического расчёта предельной степени использования монооксида углерода и водорода при восстановлении железа из оксидов.
  17. Изучение зависимостей для термодинамического расчёта степени прямого и косвенного восстановления элементов чугуна.
  18. Исследование формирования чугуна и первичных, промежуточных и конечных шлаков по высоте доменной печи.
  19. Исследование полного технологического цикла получения чугуна по мировым ресурсам информации о процессах производства чугуна.

20. Исследование видов чугунов и особенности их производства по мировым ресурсам информации о процессах производства чугуна.
21. Показатели, характеризующие свойства шлака, и влияние их на работу доменной печи по результатам изучения мировых ресурсов информации о процессах производства чугуна.
22. Анализ технологических процессов для выбора путей, мер и средств управления качеством чугуна, в том числе для снижения содержания серы в нём.
23. Изучение основных направлений развития производства чугуна.
24. Инновационные мероприятия по совершенствованию производства чугуна в условиях определяющей роли силового взаимодействия потоков шихты и газа в верхней и нижней зонах доменной печи.
25. Изучение типовых систем автоматического управления технологическими процессами производства чугуна. Системы поддержки принятия решения.
26. Изучение технологической оснастки производства чугуна и переработки шлака.
27. Исследование управления технологическим процессом производства чугуна в доменных печах.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
КНС-1	Способен анализировать существующие технологии получения металлов и сплавов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перспективные направления разработки новых технологий и техники извлечения железа из рудного и техногенного сырья, выплавки особо чистой стали.</li> <li>2. Классификация способов бескоксового извлечения железа, краткая их характеристика.</li> <li>3. Низкотемпературное (твердофазное) восстановление железа процессом Мидрекс.</li> <li>4. Комбинированное твердофазно-жидкофазное восстановление процессом Корекс.</li> <li>5. Теоретические основы процесса ступенчатого восстановления, обеспечивающего получение нескольких металлов, в том числе черного железа, минуя чугун.</li> <li>6. Принципиальные основы конструкции агрегата для ступенчатого восстановления.</li> <li>7. Сущность технологий производства ферросплавов (ферромарганца, феррофрома, феррованадия), основанных на способе многоступенчатого бескоксового жидкофазного восстановления без применения электрической энергии в технологических целях.</li> <li>8. Извлечение цветных и редких металлов из техногенных материалов металлургическими способами.</li> <li>9. Особенности агрегатов жидкофазного восстановления.</li> <li>10. Основы математического моделирования бескоксового жидкофазного восстановления железа из рудного сырья.</li> <li>11. Основы математического моделирования бескоксового жидкофазного восстановления железа из техногенного сырья.</li> <li>12. Особенности агрегатов для твердофазного восстановления.</li> </ol>

<p>КНС-2 Использовать теоретические знания для совершенствования существующих и разработки новых процессов получения металлов и сплавов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Укажите составляющие четырёх групп цветных металлов.</li> <li>2. С чем связано промышленное значение цветных металлов.</li> <li>3. Укажите основные области применения меди и ее сплавов.</li> <li>4. Укажите основные стадии извлечения меди из сульфидных руд пирометаллургическим способом.</li> <li>5. В чём заключается подготовка медных сульфидных руд перед извлечением меди?</li> <li>6. Какого результата достигают обжигом медного концентрата на штейн?</li> <li>7. Какого результата достигают при производстве штейна?</li> <li>8. Какого результата достигают путём конвертирования медного штейна?</li> <li>9. Какие два периода содержит огневое рафинирование черновой меди?</li> <li>10. Какова цель электролитического рафинирования меди после его огневого рафинирования?</li> <li>11. В результате какого рафинирования получают ультрачистая медь для электронной промышленности?</li> <li>12. Чем обусловлена необходимость производства никеля?</li> <li>13. Каковы основные направления использования никеля?</li> <li>14. Каковы основные стадии производства никеля из сульфидных руд?</li> <li>15. Какие виды продуктов получают проведением флотации медно-никелевых руд?</li> <li>16. Какова цель плавки медно-никелевого концентрата на штейн?</li> <li>17. Проведением какого процесса получают никелевый фанштейн?</li> <li>18. Как разделяют никель и медь из измельчённого фанштейна?</li> <li>19. В чём заключается сущность производства чернового никеля?</li> <li>20. Какие продукты получают электролитическим рафинированием чернового никеля?</li> <li>21. Чем обусловлена необходимость производства алюминия?</li> <li>22. Каковы основные направления применения алюминия?</li> <li>23. Какие основные этапы включает технология производства алюминия?</li> <li>24. Какие основные стадии содержит производство глинозёма по способу Байера?</li> <li>25. В чём заключается сущность производства глинозёма способом спекания?</li> <li>26. В чём заключается сущность производства технического алюминия?</li> <li>27. Какие действия обеспечивают рафинирование технического алюминия?</li> </ol>
---	---



***Показатели и критерии оценивания зачета:***

- на оценку «зачтено» аспирант должен показать высокий уровень знания материала по дисциплине не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и продемонстрировать интеллектуальные навыки решения проблем, нахождения уникальных ответов, вынесения критических суждений; продемонстрировать знание и понимание законов дисциплины, умение оперировать этими знаниями в профессиональной деятельности;

- на оценку «не зачтено» аспирант не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации по дисциплине, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, умение критически оценивать свои личностные качества, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.