



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

05.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПИРРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ

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 материалобработки |
| Кафедра | Металлургии и химических технологий |
| Курс | 2 |
| Семестр | 3 |

Магнитогорск
2026 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

28.01.2026, протокол № 4

Зав. кафедрой  А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ


05.02.2026 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

профессор кафедры МиХТ, д-р техн. наук  С. К. Сибэгатуллин

Рецензент:

Член диссертационного совета 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 2027 - 2028 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 2028 - 2029 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 2029 - 2030 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 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

углубление аспирантами знаний по основным проблемам производства чугуна в доменных печах и применении этих знаний при постановке и решении конкретных технологических задач производства, а так же в углубленном изучении аспирантами современной конструкции агрегатов и технологии выплавки стали в конвертерах и дуговых электропечах.

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Пиррометаллургические процессы и агрегаты» 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 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 42 акад. часов;
- аудиторная – 42 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов;
- самостоятельная работа – 30 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. | | |
| 1. 1 | | | | | |
| 1.1 Вводная лекция. Объем и содержание курса. Связь с другими дисциплинами. Методики определения показателей качества шихтовых материалов доменной плавки. Пути формирования актуальной научной и производственной проблематики в металлургии чугуна. Матрица загрузки | 3 | 2 | 2 | 4 | Устный опрос |
| 1.2 Постановка и решение научно-производственных проблем в связи с развитием ОАО «ММК». Проблемы и задачи теории и практики доменной плавки по силовому взаимодействию потоков шихты и газа. | | 4 | 2 | 4 | Устный опрос |
| 1.3 Проблемы технологического обеспечения хода процессов восстановления по высоте и сечению доменной печи и характеризующих их показателей. Проблемы обеспечения нового хода плавления и шлакообразования по высоте и сечению доменной печи; показатели, характеризующие свойства чугуна и шлака. | | 2 | 4 | 2 | Устный опрос, практическая работа |
| 1.4 Развитие производства высококачественного по содержанию серы чугуна. Проблемы и задачи эффективной тепловой работы доменной печи. Проблемы и задачи, стоящие при глубокой переработке доменного шлака. | | 2 | 2 | 4 | Контрольная работы |
| 1.5 Значение выплавки стали в решении основных задач ее производства. Принципиальные основы технологии выплавки стали и конструкции сталеплавильных агрегатов, основные направления их развития. Особенности конструкции современных кислородных конвертеров и газоотводящего тракта, проблемы и направления их решения. | | 2 | 2 | 4 | Практическая работа |
| 1.6 Аэродинамика струи газа-окислителя в конвертерной ванне: общие закономерности движения газовых струй, истечение газа через сверхзвуковое сопло, строение сверхзвуковой струи. Строение реакционной зоны и структура конвертерной ванны при разных способах подачи кислородного дутья. | | 3 | 2 | 2 | Устный опрос |
| 1.7 7. Основные реакции окислительного рафинирования: окисление углерода, кремния, марганца и фосфора. Особенности десульфурации металла. Дутьевой, шлаковый и тепловой режимы классической технологии выплавки стали. Конвертерные процессы с комбинированной продувкой. | | 2 | 2 | 2 | Устный опрос, практическая работа |
| 1.8 Конструкция современной ДСП, ее особенности. Электрическая дуга. Регулирование электрического режима. | | 2 | 3 | 4 | Контрольная работа |
| 1.9 Основные методы ведения плавки в ДСП, особенности и различия. Основные профили плавки в ДСП. Шлаковый режим плавки. Тепловая работа ДСП. Основы выплавки в ДСП легированных сталей | | 2 | 2 | 4 | Защита контрольной работы |
| Итого по разделу | | | 21 | 21 | 30 |
| Итого за семестр | | 21 | 21 | 30 | зачёт |
| Итого по дисциплине | | 21 | 21 | 30 | 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. Романтеев, Ю. П. Металлургия тяжелых цветных металлов : учебное пособие / Ю. П. Романтеев, С. В. Быстров. — Москва : МИСИС, 2010. — 575 с. — ISBN 978-5-87623-173-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117036>

б) Дополнительная литература:

1. 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 // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/104851>

2. Мельниченко, А. С. Статистический анализ в металлургии и материаловедении : учебник / А. С. Мельниченко. — Москва : МИСИС, 2009. — 268 с. — ISBN 978-5-87623-258-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117015>

3. Кучеряев, Б. В. Моделирование процессов и объектов в металлургии. Моделирование и оптимизация процессов листовой прокатки : учебное пособие / Б. В. Кучеряев, В. Б. Крахт, П. Ю. Соколов. — Москва : МИСИС, 2009. — 63 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116998>

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 | бессрочно |
| FAR Manager | свободно распространяемое | бессрочно |

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса | Ссылка |
|--|---|
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) | URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp |
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» | URL: http://www1.fips.ru/ |
| Российская Государственная библиотека. Каталоги | https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/ |
| Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова | https://host.megaprolib.net/MP0109/Web |

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

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

Примерные практические задания:

1. Взаимодействие науки и производства и комплексный анализ проблем.
2. Возникновение проблем и необходимости их решения, обусловленных ходом развития производства. Матрица загрузки доменной печи
3. Проблемы достижения эффективного режима горения кокса и топливных добавок у фурм доменной печи и характеризующих их показателей.
4. Основные требования по силовому взаимодействию потоков шихты и газа для достижения наилучших результатов доменной плавки
5. Проблемы обеспечения хода процессов восстановления по высоте и сечению доменной печи и характеризующих их показателей
6. Анализ хода плавления и шлакообразования по высоте и сечению доменной печи; показателей, характеризующие свойства чугуна и шлака
7. Знакомство с автоматизированными обучающими системами по выплавке стали в конвертерах и электродуговых печах.
8. Изучение конструкции конвертера и технологии выплавки стали на имитаторе – тренажере «Машинист дистрибутора».
9. Изучение конструкции электродуговой печи и технологии выплавки стали на имитаторе – тренажере «Сталевар ДСП».

Перечень вопросов для подготовки к устному опросу и зачету:

- 1 Профиль рабочего пространства кислородного конвертера. Вместимость и удельный объем конвертеров. Соотношение основных параметров конструкции.
- 2 Особенности конструкции дуговой электропечи.
- 3 Футеровка конвертера: материалы и ее стойкость.
- 4 Водоохлаждаемые элементы ДСП.
- 5 Классификация охладителей конвертерных газов.
- 6 Особенности конструкции газоотводящего тракта ДСП.
- 7 Пылеулавливающие аппараты: эффективность, достоинства и недостатки. Особенности «мокрой» и «сухой» очистки газов.
- 8 Газоотводящие тракты кислородных конвертеров при работе с дожиганием и без дожигания монооксида углерода.
- 9 Закономерности движения газа по каналам переменного сечения.
- 10 Характеристика сопла Лавалья и режимы его работы.
- 11 Строение сверхзвуковой струи.
- 12 Структура конвертерной ванны после заливки жидкого чугуна.
- 13 Основные процессы в первичной реакционной зоне при продувке металла кислородом.
- 14 Основные процессы во вторичной реакционной зоне при продувке кислородом.
- 15 Структура реакционной зоны при продувке металла сверху.
- 16 Роль оксидов железа в окислительных процессах реакционной зоны.
- 17 Особенности окисления углерода в кислородном конвертере и ДСП.
- 18 Характер окисления кремния и марганца в кислородном конвертере и ДСП.
- 19 Поведение фосфора во время продувки в кислородном конвертере.
- 20 Образование шлако-металлической эмульсии в рабочем пространстве агрегата.
- 21 Роль корольков металла в окислительных процессах.
- 22 Выход жидкого металла в кислородном конвертере и ДСП.

- 23 Особенности десульфурации металла в конвертере и ДСП.
- 24 Конвертерный газ: состав, температура, запыленность.
- 25 Особенности газообразования в ДСП.
- 26 Изменение средней температуры металла по ходу плавки.
- 27 Дутьевой режим классической технологии кислородно- конвертерной плавки.
- 28 Шлаковый режим классической технологии кислородно- конвертерной плавки.
- 29 Показатели шлакообразования и их изменения по ходу плавки.
- 30 Комбинированная продувка конвертерной ванны: способы и реагенты.
- 31 Дутьевые устройства при продувке металла.
- 32 Особенности электрического режима ДСП.
- 33 Тепловая работа ДСП.
- 34 Основные методы ведения плавки в ДСП.
- 35 Варианты технологии плавки стали в ДСП.
- 36 Особенности выплавки легированных сталей в ДСП.

Примерная контрольная работа (КР)

Спроектировать и осуществить комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки путём выполнения задания по теме «Разработка технологического режима, обеспечивающего повышение производительности доменной печи улучшением металлургических свойства сырья» для персонифицированного варианта условий работы.

Список рекомендуемых источников

1. Сибгатуллин С.К., Ваганов А.И., Прохоров И.Е., Майорова Т.В. Расчёт технических показателей доменной плавки. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. 72 с.
2. Сибгатуллин С.К., Харченко А.С. Металлургические свойства железорудного сырья: Учебное пособие. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2018. 150 с.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства |
|----------------|---|---|
| КНС-2: | Способен использовать теоретические знания для совершенствования существующих и разработки новых процессов получения металлов и сплавов | <p><i>Перечень теоретических вопросов к зачету:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Каковы цели современных технологических процессов за рубежом при подготовки природных материалов к проведению металлургического производства? 2.Какие способы подготовки природных материалов используются за рубежом для совершенствования процессов металлургического производства? 3. Какие современные технологические процессы имеются за рубежом для дробления и измельчения материалов при подготовке к металлургическому производству? 4. Какие современные технологические процессы имеются за рубежом по грохочению и классификации сыпучих материалов? 5. Какие современные технологические процессы имеются за рубежом по обогащения железных руд? 6. Какие современные технологические процессы имеются за рубежом по усреднению материалов при подготовке к металлургическом производстве? 7. Какие современные технологические процессы имеются за рубежом по упрочнению агломерата? 8. Какие современные разновидности агломерации железных руд и концентратов имеются за рубежом? 9. Какие минералы обеспечивают развитие агломерации железных руд и концентратов в современных технологическх процессах за рубежом? 10. Какими основными показателями характеризуют результат при оценке качества агломерата в современных технологические процессах за рубежом? 11. Какие современные технологические процессы имеются за рубежом по получению окатышаей в металлургическом производстве? 12. Какие современные технологические процессы имеются за рубежом по производству сырых окатышей? 13.Какие современные технологические процессы имеются за рубежом по зонам конвейерной машины для обжига окатышей? 14. Какие современные технологические процессы имеются за рубежом по оценке качества |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства |
|----------------|---|--|
| | | <p>окатышей?</p> <p><i>Примерные практические задания:</i></p> <p>Провести обзор литературы по оценке эффективности технологических процессов при производстве различных шихтовых материалов металлургического производства.</p> <p>Составить аннотации по выявленным источникам</p> <p>Выявить ключевые слова в выявленных источниках</p> <p>Разработать тестовые задания для углублённого изучения наиболее существенной информации.</p> <p><i>Задания на решение задач:</i></p> <p>По представленной в образовательной портале методике выполнить расчёт оптимизации технологических процессов путём снижения удельного расхода кокса увеличением содержания железа в шихте доменной печи.</p> |
| КНС-1: | Способен анализировать существующие технологии получения металлов и сплавов | <p><i>Перечень теоретических вопросов к зачету:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Изложите основные определения и понятия, используемые по фазовым равновесиям в теории процессов производства чугуна. 2. Изложите основные определения и понятия, используемые по кинетике превращений в теории процессов производства чугуна; 3. Какие показатели используют для характеристики фазовых равновесии при восстановлении железорудного сырья. 4. Какие показатели используют для характеристики параметры кинетики превращений при восстановлении железорудного сырья. 5. Какова сущность фазовых равновесий при горении топлива в фурменных очагах. 6. В чём проявляется кинетика превращений при определяющей роли силового взаимодействия потоков шихты и газа. 7. В чём проявляются фазовые равновесия в закономерностях изменения температур в агрегате по производству чугуна. 8. Как изменить кинетику превращений для достижения максимальной производительности и минимального удельного расхода кокса. 9. Как изменить кинетику превращений для обеспечения ровного схода шихты. 10. Как учитывать фазовые равновесия при определении предельной степени использования монооксида углерода и водорода. 11. В чём проявляется кинетика превращений при формирования чугуна, первичных, промежуточных и конечных шлаков. |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства |
|----------------|----------------------------------|--|
| | | <p>12. Изложите фазовые равновесия и кинетику превращений при распределении серы в процессах производства чугуна.</p> <p>13. Охарактеризуйте многокомпонентности шихтовых материалы доменной плавки; основные технико-экономические показатели и способы их улучшения; общие правила построения алгоритмов автоматизированного управления доменным процессом.</p> <p>14. Дайте определения процессов: движение шихтовых материалов при загрузке в печь, горение топлива у фурм, теплообмен в шахтной печи, движение материалов в печи, движение газов в доменной печи, восстановление и формирование чугуна, плавление и шлакообразование.</p> <p><i>Примерные практические задания:</i></p> <p>Провести обзор литературы по анализу основных закономерностей фазовых равновесий и кинетики превращений в многокомпонентных системах .</p> <p>Провести обзор литературы по оценке влияния различных факторов на процессы в многокомпонентных системах.</p> <p>Провести обзор литературы по прогнозированию результатов процессов в многокомпонентных системах</p> <p>Составить аннотации по выявленным источникам.</p> <p>Выявить ключевые слова в выявленных источниках.</p> <p>Разработать тестовые задания для углублённого изучения наиболее существенной информации.</p> <p><i>Задания на решение задач:</i></p> <p>Проявить навыки математического описания процессов в многокомпонентных системах с привлечением методики, представленной в образовательном портале. Выполнить расчёт роста производительности доменной печи при снижении содержания мелочи в сырьевых материалах. По результатам расчёта представить анализ оценки процессов в многокомпонентных системах.</p> |

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Пиррометаллургические процессы и агрегаты» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в виде собеседования в рамках теоретических вопросов, выносимых на зачет и/или решения практических заданий.

Показатели и критерии оценивания зачета:

– на оценку ***зачтено*** – обучающийся показывает высокий уровень сформированности компетенций, т.е. прочно усвоил предусмотренный программный материал, правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров, показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников (теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов), а также без ошибок выполнил практическое задание;

– на оценку ***незачтено*** – результат обучения не достигнут, обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.