



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)**

***ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА АГЛОМЕРАТА***

Направление подготовки (специальность)  
22.04.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Metallurgical technologies of production of black metals and alloys

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
очная

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

Магнитогорск  
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 22.04.02 Metallургия (приказ Минобрнауки России от 24.04.2018 г. № 308)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Metallургии и химических технологий  
28.01.2026, протокол № 4

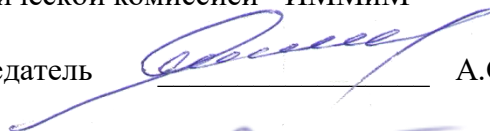
Зав. кафедрой



А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
05.02.2026 г. протокол № 5

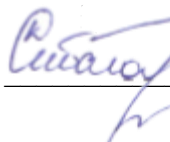
Председатель



А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

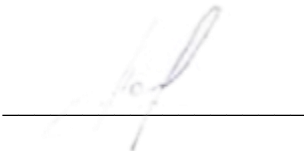
профессор кафедры кафедры МиХТ, д-р техн. наук



С.К. Сибагатуллин

Рецензент:

доцент кафедры ЛПиМ, канд. техн. наук



М. Г. Потапов

## 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

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

Целью освоения дисциплины (модуля) «Исследование процессов производства агломерата» является приобретение обучающимися знаний, умений и владений в соответствии с видом профессиональной деятельности: способен решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в области металлургии (ОПК-1), способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях (ОПК-5).

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Исследования процессов производства агломерата входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Для изучения дисциплины важны знания, умения, владения, сформированные в результате освоения образовательной программы бакалавриата по направлению «Металлургия», профиль подготовки – Металлургия черных металлов. В ней существенна роль дисциплин «Теория и технология окискования железных руд», «Теория, технология и автоматизация доменного процесса». Успешное усвоение материала предполагает знание студентами основных положений следующих дисциплин:

- методология и методы научного исследования;
- теория процессов производства агломерата;
- сквозные металлургические технологии;
- производство кокса.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Учебная - научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)

Производственная - научно-исследовательская работа

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Производственная - преддипломная практика

Производственная - технологическая (производственно-технологическая) практика

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Исследования процессов производства агломерата» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1	Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии
ОПК-1.1	Решает профессиональные задачи в области металлургии и процессов металлообработки, используя фундаментальные знания
ОПК-1.2	Владеет способами и приемами решения исследовательских задач в предметной области металлургии и металлообработки
ОПК-1.3	Применяет фундаментальные междисциплинарные знания для

	решения задач в профессиональной деятельности
ОПК-5 Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях	
ОПК-5.1	Проводит научные исследования для получения базы данных о свойствах металлоизделий широкого назначения с последующей обработкой, анализом и интерпретацией полученных результатов
ОПК-5.2	Оценивает результаты научно-технических разработок по совокупности методологических признаков для выбора оптимальных решений по совершенствованию существующих технологических процессов в металлургической отрасли и смежных областях
ОПК-5.3	Систематизирует и обобщает опыт для обоснования выбора оптимального решения при разработке инновационных технологических процессов в области металлургии и металлообработки

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 64,1 академических часов;
- аудиторная – 64 академических часов;
- внеаудиторная – 0,1 академических часов;
- самостоятельная работа – 79,9 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Исследование оптимизации состава агломерационной шихты								
1.1 1.1. Исследование требований к шихтовым материалам: концентрату, аглоруде, твёрдому топливу (коксифику), флюсу, добавкам. Анализ работоспособности агломерационного производства в различных условиях. Изучение офлюсования, размораживания, сушки и увлажнения компонентов	1			4	8	Сбор, анализ и систематизация информации с написанием плана-конспекта по теме. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к устному опросу	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
1.2 Исследование вариантов организации хода процессов производства агломерата. Изучение оптимального режима усреднения материалов традиционным размещением на рудном дворе и современным штабелированием с применением усреднительных комплексов. Изучение значимых научно-технических разработок и научных исследований по усреднению материалов				4	4	Сбор, анализ и систематизация информации с написанием плана-конспекта по теме. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к устному опросу	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
1.3 Изучение				4	6	Сбор, анализ и	Составление	ОПК-1.1,

современных информационных технологий для совершенствования процессов производства агломерата оптимальным дозированием шихтовых материалов. Анализ основных достижений в области металлургии и смежных областях						систематизация информации с написанием плана-конспекта по теме. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к устному опросу	аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
1.4 Исследование с применением методов физического и численного моделирования процессов для выявления оптимальной крупности твёрдого топлива (коксона) и влажности шихты.	1			4	6	Сбор, анализ и систематизация информации с написанием плана-конспекта по теме. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к устному опросу	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
Итого по разделу				16	24			
2. Исследование окомкования шихты для последующей её агломерации								
2.1 Исследование неравновесных состояний компонентов агломерационной шихты при их смешивании и окомковании в условиях непрерывного движения материалов в смесителе и окомкователе.	1			4	6	Сбор, анализ и систематизация информации с написанием плана-конспекта по теме. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к устному опросу	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
2.2 Исследование созданием и анализом математических моделей процесса окомкования шихты на основе закономерностей действия молекулярных и капиллярных сил в увлажнённом материале. Анализ и синтез значимых научно-технических разработок и научных исследований по окомкованию				4	4	Сбор, анализ и систематизация информации с написанием плана-конспекта по теме. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к устному опросу	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
2.3 Постановка и решение многокритериальных задач оптимизации режима возврата и постели для обеспечения эффективного хода спекания с достижением максимальной производительности и высокого качества агломерата.				4	4	Сбор, анализ и систематизация информации с написанием плана-конспекта по теме. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к устному опросу	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3



анализом и обработкой информационных потоков и информационных моделей						написанием плана-конспекта по теме. Подготовка к занятиям. Подготовка к устному опросу	Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
Итого по разделу				16	16			
4. Исследование окисления, восстановления, твёрдофазных и жидкофазных процессы при осуществлении производства агломерата								
4.1 Исследование процессов окисления и восстановления для выбора путей, мер и средств управления качеством агломерата.	1			4	4	Сбор, анализ и систематизация информации с написанием плана-конспекта по теме. Подготовка к занятиям. Подготовка к устному опросу	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
4.2 Анализ направлений развития производства агломерата. Выявление значимых научно-технических разработок и научных исследований по качеству агломерата. Разработка предложений по совершенствованию производства агломерата в условиях заданного предприятия (на примере "ММК"). Исследование с применением инновационных методов решения задач по производству агломерата для доменной плавки.				4	4,9	Сбор, анализ и систематизация информации с написанием плана -конспекта по теме. Подготовка к занятиям. Подготовка к устному опросу	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
4.3 Исследование твёрдофазных и жидкофазных процессов агломерации. Изучение формирования физической структуры агломерата. Выявление видов блочных структур, пор, разделительных слоёв между порами. Исследование действия физической структуры на качество агломерата. Изучение режимов термического воздействия на агломерат после спекания				4	6	Сбор, анализ и систематизация информации с написанием плана-конспекта по теме. Подготовка к занятиям. Подготовка к устному опросу	Составление аннотации по теме. Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
4.4 Обобщение систем автоматического управления технологическими				4	5	Сбор, анализ и систематизация информации с написанием	Составление аннотации по теме. Выявление	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1,

процессами производства агломерата. Рассмотрение систем поддержки принятия решения. Разработка вариантов предложений для технических регламентов и стандартов по обеспечению безопасности производственного процесса в агломерационном производстве.						плана-конспекта по теме. Подготовка к занятиям. Подготовка к устному опросу	ключевых слов и их представление. Разработка тестов по теме. Устный опрос	ОПК-5.2, ОПК-5.3
Итого по разделу			16	19,9				
Итого за семестр			64	79,9			зао	
Итого по дисциплине			64	79,9			зачет с оценкой	

## 5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Исследование процессов производства агломерата» используются как традиционная и модульно-компетентностная технологии, так и технология проблемного и интерактивного обучения.

С целью реализации компетентностного подхода, а также формирования и развития профессиональных навыков обучающихся реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на занятиях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- формирование и развитие профессиональных навыков обучающихся на практических занятиях.

К интерактивным методам, используемым при изучении дисциплины «Исследование процессов производства агломерата», относятся: использование проблемных методов изложения материала с применением эвристических приемов (создание проблемных ситуаций и др.); а также создание электронных продуктов (презентаций).

На занятиях целесообразно использовать технологию коллективного взаимообучения, совмещая ее с технологией проблемного обучения. При этом необходимо повышать познавательную активность студентов, организуя самостоятельную работу как исследовательскую творческую деятельность.

Занятия проходят как форме информационных сообщений, так и в форме сообщений-консультаций, где теоретический материал заранее выдается обучающимся для самостоятельного изучения, для подготовки вопросов преподавателю. Таким образом, занятие проходит по типу вопросы-ответы-дискуссия. Иногда занятия проходят в виде проблемной ситуации с освещением различных научных подходов к поставленной проблеме.

При проведении практических занятий предполагается переход от репродуктивных методов обучения к частично-поисковым и исследовательским методам, развивающим логическое, теоретическое мышление, умение аргументировать и отстаивать собственное понимание вопроса. С этой целью возможно использование методов эвристических вопросов и брэйнсторминга (мозговой атаки).

В ходе занятий предполагается использование комплекса инновационных методов активного обучения студентов, включающего в себя:

- создание проблемных ситуаций с показательным решением проблемы преподавателем;
- самостоятельную поисковую деятельность в решении учебных проблем, направляемую преподавателем;
- самостоятельное решение проблем студентами под контролем преподавателя.

Реализация инновационных методов обучения возможна с использованием следующих приемов:

- инструктаж студентов по составлению таблиц, схем, графиков с проведением после-дующего их анализа;
- применение рекомендаций по составлению тезисов, конспектов, аннотаций, разработке тестов по прочитанному материалу;
- раскрытие преподавателем причин и характера неудач, встречающихся при решении проблем;

- демонстрация альтернативных подходов к решению конкретной проблемы;
- анализ полученных результатов и отыскание границ их применимости;
- использование заданий для самостоятельной работы с избыточными данными.

При проведении практических занятий необходимо целенаправленно переходить от репродуктивных методов обучения к частично-поисковым и исследовательским методам, развивая логическое мышление, умение аргументировать и отстаивать собственное понимание вопроса. С этой целью возможно использование как традиционной, так и проблемной и интерактивной образовательных технологий.

На практических занятиях студенты закрепляют знания, приобретают умения и владения.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература:**

1. 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> .

2. Ивлев, С.А. Металлургические технологии. Металлургия чёрных металлов: учебное пособие / С.А. Ивлев, М.П. Клюев. - 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> .

3. 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>

### **б) Дополнительная литература:**

1. Сibaгатуллин 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.

2. Сibaгатуллин 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.

3. 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> .

4. Основы металлургического производства: учебник / В.А. Бигеев, К.Н. Вдовин, В.М. Колокольцев, В.М. Салганик, С.К. Сibaгатуллин. - Санкт-Петербург: Лань, 2017. - 616 с. - ISBN 978-5-8114-2486-3. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/90165>

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> .

6. Физика пирометаллургических процессов: учебник / В.Е Рошин, А.В.Рошин. М; Вологда: Инфра-Инженерия. 2021. 304 с.

7. Сибатуллин С.К. Формирование слоя шихты в колошниковом пространстве доменной печи: учебное пособие с грифом УМО в области металлургии.

Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. 188 с.

8. 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.

9. Сибатуллин С.К., Харченко А.С. Использование коксового орешка на доменных печах. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. 163 с.

10. Сибатуллин С.К., Харченко А.С., Макарова И.В. Теория, технология и автоматизация доменного процесса: практикум. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2019. 142 с.

#### **в) Методические указания:**

1. Сибатуллин С.К., Харченко А.С., Макарова И.В. Шихтовые материалы / Теория, технология и автоматизация доменного процесса: практикум. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2019. С. 6 – 50.

2. Неясов А.Г., Иванов А.В., Макарова И.В. Расчеты шихты, материального и теплового балансов агломерационного процесса: Учеб. пособие. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 68 с.

3. Формирование эллипсоидов выпуска и разрыхления при движении шихтовых материалов / Теория, технология и автоматизация доменного процесса: практикум. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2019. С. 76 – 112.

4. Неясов А.Г., Иванов А.В., Макарова И.В. Изучение основных закономерностей агломерационного процесса: методические указания к лабораторным занятиям. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2009. 18 с.

5. Неясов А.Г., Иванов А.В., Макарова И.В. Определение направления капиллярного давления в слое тонкоизмельченного концентрата и упрочнения увлажненных комков его за счет сил капиллярного давления: методические указания к лабораторным занятиям. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 13 с.

6. Неясов А.Г., Иванов А.В., Макарова И.В. Определение максимальной капиллярной влагеёмкости и капиллярного давления в слое тонкоизмельчённого концентрата. Методические указания к лабораторным занятиям. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 13 с.

7. Неясов А.Г., Иванов А.В., Макарова И.В. Определение газопроницаемости агломерационной шихты и зависимости ее от влажности и содержания в ней возврата. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. 20 с.

8. Панишев Н.В. Практикум по курсу «Теория и технология подготовки сырья к доменной плавке»: Учеб. пособие. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. 84 с.

9. Сибатуллин С.К., Ваганов А.И., Харченко А.С. Влияние уровня засыпи и газового потока на углы откоса материалов в модели. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 17 с.

10. Сибатуллин С.К., Ваганов А.И., Харченко А.С. Изучение влияния вида шихтовых материалов и их распределения на газопроницаемость. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 16 с.

11. Сибатуллин С.К., Ваганов А.И., Харченко А.С. Изучение влияния крупности и формы материалов на их газопроницаемость. Магнитогорск: Изд-во

Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 11 с.

12. Сибатуллин 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.

13. Сибатуллин С.К., Макарова И.В., Насыров Т.М. Определение технических показателей доменной плавки при проектировании нового металлургического предприятия. Магнитогорск: Издательский центр ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2014. 50 с.

14. Сибатуллин С.К., Харченко А.С. Анализ причин изменения удельного расхода кокса и производительности доменной печи по производственным данным. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. 18 с.

15. Сибатуллин С.К., Харченко А.С. Анализ факторов, влияющих на равномерность состава шихты. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 17 с.

16. Дружков В.Г., Макарова И.В. Определение вертикального давления сыпучих материалов в присутствии газового потока. Магнитогорск: Издательский центр ФГБОУ ВПО «МГТУ». 2018. 12 с.

17. Сибатуллин С.К., Харченко А.С., Макарова И.В. Пример выполнения расчётов

по дисциплине «Теория процессов производства агломерата». Магнитогорск: 2020. 52 с.

#### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

##### Программное обеспечение

Наименование	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно	бессрочно
FAR	свободно	бессрочно
Браузер	свободно	бессрочно

##### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая	<a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">URL:https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Федеральное государственное бюджетное	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им.	<a href="https://host.megaprolib.net/MP0109/Web">https://host.megaprolib.net/MP0109/Web</a>
Федеральный образовательный портал	<a href="http://ecsocman.hse.ru/">http://ecsocman.hse.ru/</a>
Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные	<a href="https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty-tzi?ysclid=lujknksfy724757053">https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty-tzi?ysclid=lujknksfy724757053</a>

Информационная система - Банк данных угроз безопасности информации ФСТЭК	<a href="https://bdu.fstec.ru/?ysclid=lujkqy7cnw630508962">https://bdu.fstec.ru/?ysclid=lujkqy7cnw630508962</a>
--	---

## **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена: техническими средствами обучения, служащими для представления учебной - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
3. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
4. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
  - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
  - инструментами для ремонта учебного оборудования;
  - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### 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 «Исследование оптимизации состава агломерационной шихты». Выявление ключевых слов и их представление; разработка тестов по составляющим темы:

- исследование требований к шихтовым материалам: концентрату, аглоруде, твёрдому топливу (коксику), флюсу, добавкам; анализ работоспособности агломерационного производства в различных условиях; изучение офлюсования, размораживания, сушки и увлажнения компонентов шихты;

- исследование вариантов организации хода процессов производства агломерата; изучение оптимального режима усреднения материалов традиционным размещением на рудном дворе и современным штабелированием с применением усреднительных комплексов; изучение значимых научно-технических разработок и научных исследований по усреднению материалов;

- изучение современных информационных технологий для совершенствования процессов производства агломерата оптимальным дозированием шихтовых материалов; анализ основных достижений в области металлургии и смежных областях;

- исследование с применением методов физического и численного моделирования процессов для выявления оптимальной крупности твёрдого топлива (коксика) и влажности шихты.

**Цикл практических работ №2.** Составление аннотаций по составляющим темы «Исследование окомкования шихты для последующей её агломерации». Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по составляющим темы:

- исследование неравновесных состояний компонентов агломерационной шихты при их смешивании и окомковании в условиях непрерывного движения материалов в смесителе и окомкователе;

- исследование созданием и анализом математических моделей процесса окомкования шихты на основе закономерностей действия молекулярных и капиллярных сил в увлажнённом материале. Анализ и синтез значимых научно-технических разработок и научных исследований по окомкованию;

- постановка и решение многокритериальных задач оптимизации режима возврата и постели для обеспечения эффективного хода спекания с достижением максимальной производительности и высокого качества агломерата;

- исследование оптимизации процесса зажигания твёрдого топлива для обеспечения эффективного хода спекания с достижением максимальной производительности и высокого качества агломерата.

**Цикл практических работ №3.** Составление аннотаций по составляющим темы «Исследование движения газов и теплопередача при осуществлении процессов производства агломерата». Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по составляющим темы:

- описание газопроницаемости слоя; изучение условий формирования и разрушения сводов над зазорами колосников ; представление эллипсоидов разрыхления над зазорами колосников;

- исследование путём математического описания теплоёмкостей потоков шихты и газа по высоте спекаемого слоя ; изучение формируемых зон по состоянию и условиям теплопередачи; составление общих и зональных тепловых балансов; анализ значимых научно-технических разработок и научных исследований по теплопередаче в спекаемом слое агломерата и при его охлаждении на охладителе;

- оценка поведения серы в процессах производства агломерата анализом и обработкой информационных потоков и информационных моделей.

**Цикл практических работ №4.** Составление аннотаций по составляющим темы «Исследование окисления, восстановления, твёрдофазных и жидкофазных процессы при осуществлении производства агломерата». Выявление ключевых слов и их представление. Разработка тестов по составляющим темы:

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

- анализ направлений развития производства агломерата; выявление значимых научно-технических разработок и научных исследований по качеству агломерата; разработка предложений по совершенствованию производства агломерата в условиях заданного предприятия (на примере “ММК”); исследование с применением инновационных методов решения задач по производству агломерата для доменной плавки;

- исследование твёрдофазных и жидкофазных процессов агломерации; изучение формирования физической структуры агломерата; выявление видов блочных структур, пор, разделительных слоёв между порами; исследование действия физической структуры на качество агломерата; изучение режимов термического воздействия на агломерат после спекания;

- обобщение систем автоматического управления технологическими процессами производства агломерата. Рассмотрение систем поддержки принятия решения; разработка вариантов предложений для технических регламентов и стандартов по обеспечению безопасности производственного процесса в агломерационном производстве.

#### ***Перечень вопросов для подготовки к устному опросу***

1. Исследования смешивания и увлажнения агломерационной шихты?
2. Исследования скорость спекания агломерационной шихты?
3. Исследования скорости движения воздуха по высоте агломерата в конце его спекания?
4. Исследования оплавленности низа спекаемого слоя при равномерном распределении топлива в шихте по высоте?
5. Исследования аглоспека по периферии?
6. Исследования состава агломерационного газа и его с составом воздухом?
7. Исследование сечений, по котрым прежде всего разрушаются куски агломерата?
8. Сопоставление сопротивления прососу воздуха - аглоспека и шихты, из которой он получен?
9. Сравнение спекания магнитных железняков с красными и бурыми железнякам по расходу коксика?
10. Исследования по изменению расхода известняка при увеличении доли возврата в рудной смеси?
11. Изучение флюсующей способности известняка?
12. Исследования зависимости производительности агломерационной машины от газопроницаемости шихты?
13. Исследование оптимальной влажности агломерационной шихты?
14. Исследования действия марганцевой руды при производстве агломерата.
15. Исследования действия оксида  $\text{SiO}_2$  на свойства агломерата.
16. Исследования действия оксида  $\text{MgO}$  на свойства агломерата.
17. Исследования действия содержания железа на свойства агломерата.
18. Исследования агломерационной шихты в качестве сыпучей среды?
19. Исследования соотношения размеров отверстия и частиц аглошихты, при котором наблюдается кострение?
20. Исследования эллипсоида выпуска над колосниковыми зазорами?
21. Исследование свойств эллипсоида выпуска?
22. Исследование эллипсоидов разрыхления над колосниковыми зазорами?

23. Исследования высоты эллипсоидов выпуска и разрыхления?
24. Исследования воронки выпуска агломерационной шихты?
25. Во сколько раз высота эллипсоида разрыхления больше высоты эллипсоида выпуска?
26. Исследования зоны потока агломерационной шихты?
27. Исследования кострения агломерационной шихты?
28. Необходимое условие для движения шихтовых материалов без кострения?
29. Исследование показателей свойств агломерата:
  - физико-механических;
  - физико-химических;
  - температурно-тепловых;
  - компонентов химического состава.
30. Исследования отличительных особенностей при сравнении образцов материалов:
  - агломератов;
  - кокса;
  - железных руд;
  - марганцевых руд;
  - флюсов;
  - окатышей.
31. Какие значимые научно-технические разработки и научные исследования по аглодоменному производству Вам известны?
32. Какие основные достижения в области металлургии и смежных областях Вам известны?

***Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачёту с оценкой:***

1. Исследование требований к концентрату и аглоруде?
2. Исследование требований к твёрдому топливу и к известняку?
3. Исследование усреднения материалов с использованием усреднительных комплексов.
4. Каковы значимые научно-технические разработки и научные исследования по усреднению материалов?.
5. Исследования удельной производительности агломерационных машин и направлений её увеличения.
6. Исследование химического состава агломерата и способов его улучшения.
7. Исследования физико-механических свойств агломерата и способов их улучшения.
8. Исследование физико-химических свойств агломерата и способов их улучшения.
9. Исследования оптимальности дозирования компонентов шихты.
10. Исследования по оптимизации крупности твёрдого топлива и известняка.
11. Исследования роли извести в процессе агломерации.
12. Исследования смешивания и окомкование шихты.
13. Исследования закономерностей действия молекулярных и капиллярных сил в увлажнённом материале.
14. Исследования оптимизации режимов возврата и постели.
15. Исследования режима зажигания твёрдого топлива шихты.
16. Исследования газопроницаемости агломерируемого слоя.
17. Исследования теплопередачи по высоте спекаемого слоя.
18. Исследования режима охлаждения агломерата на агломерационной машине и на охладителе.
19. Исследования окислительно-восстановительных реакций в процессе агломерации.
20. Исследования горения газа в зажигательном горне.

21. Исследование оптимизации влажности агломерационной шихты.
22. Исследования оптимизации расхода твёрдого топлива (кокшика), расходуемого на агломерацию.
23. Исследования химико-минералогических превращений при спекании и охлаждении агломерата
24. Исследования физической структуры агломерата.
25. Исследования условий, необходимых для обеспечения низкого содержания серы в агломерате.
26. Исследования твёрдофазных и жидкофазных процессов при спекании агломерата.
27. Исследования основных направлений развития производства агломерата.
28. Результаты изучения полного технологического цикла получения агломерата.
29. Результаты изучения показателей, характеризующих режим работы агломерационной машины.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОПК-1: способен решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в области металлургии</b>		
ОПК-1.1: Решает профессиональные задачи в области металлургии и процессов металлообработки, используя фундаментальные знания	<p><b>Перечень теоретических вопросов к зачёту с оценкой:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исследование требований к концентрату и аглоруде?</li> <li>2. Исследование требований к твёрдому топливу и к известняку?</li> <li>3. Исследование усреднения материалов с использованием усреднительных комплексов.</li> <li>4. Значимые научно-технические разработки и научные исследования по усреднению материалов.</li> <li>5. Исследование удельной производительность агломерационных машин и направлений её увеличения.</li> <li>6. Исследование химического состава агломерата и способов его улучшения.</li> <li>7. Исследование физико-механических свойств агломерата и способов их улучшения.</li> <li>8. Исследование физико-химических свойств агломерата и способов их улучшения.</li> <li>9. Исследование оптимальности дозирование компонентов шихты.</li> <li>10. Исследование оптимальности крупности твёрдого топлива и известняка.</li> <li>11. Исследование роли извести в процессе агломерации.</li> <li>12. Исследование смешивания и окомкования шихты.</li> <li>13. Исследование закономерностей действия молекулярных и капиллярных сил в увлажнённом шихтовом материале.</li> <li>14. Решение многокритериальных задач оптимизации режимов возврата и постели</li> </ol>	
ОПК-1.2: Владеет способами и приемами решения исследовательских задач в предметной области металлургии и металлообработки	<p><b>Примерные практические задания:</b></p> <p>Провести обзор литературы по заданной тематике. Составить аннотации по выявленным источникам</p>	

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-1.3:	Применяет фундаментальные междисциплинарные знания для решения задач в профессиональной деятельности	<p><b><i>Задание на решение задачи:</i></b></p> <p>По представленной методике выполнить расчёт изменения удельного расхода кокса на проведение доменной плавки при повышении доли агломерата.</p>
<p><b>ОПК-5: способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях</b></p>		
ОПК-5.1: Проводит научные исследования для получения базы данных о свойствах металлоизделий широкого назначения с последующей обработкой, анализом и интерпретацией полученных результатов		<p><b><i>Перечень теоретических вопросов к зачёту с оценкой:</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исследование режима зажигания твёрдого топлива шихты.</li> <li>2. Исследование газопроницаемости агломерируемого слоя.</li> <li>3. Исследование теплопередачи по высоте спекаемого слоя.</li> <li>4. Исследование режима охлаждения агломерата на агломерационной машине и на охладителе.</li> <li>5. Исследование окислительно-восстановительных реакций в процессе агломерации.</li> <li>6. Исследование горения газа в зажигательном горне.</li> <li>7. Исследование оптимизации влажности агломерационной шихты.</li> <li>8. Исследование оптимизации расхода твёрдого топлива (коксыка) на агломерацию.</li> <li>9. Исследование жимико-минералогических превращений при спекании и охлаждении агломерата</li> <li>10. Исследование физической структуры агломерата.</li> <li>11. Исследование условий, необходимых для обеспечения низкого содержания серы в агломерате.</li> <li>12. Исследование твёрдофазных и жидкофазных процессов при спекании агломерата.</li> <li>13. Исследование основных направлений развития производства агломерата.</li> <li>14. Исследование полного технологического цикла получения агломерата.</li> <li>15. Исследование показателей, характеризующих режим работы агломерационной машины.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-5.2:	Оценивает результаты научно-технических разработок по совокупности методологических признаков для выбора оптимальных решений по совершенствованию существующих технологических процессов в металлургической отрасли и смежных областях	<p><b>Примерные практические задания:</b>  Выявить ключевые слова в выявленных источниках  Разработать тестовые задания для углублённого изучения наиболее существенной информации.</p>
ОПК-5.3:	Систематизирует и обобщает опыт для обоснования выбора оптимального решения при разработке инновационных технологических процессов в области металлургии и металлообработки	<p><b>Задание на решение задачи:</b>  По представленной методике выполнить расчёт изменения удельного расхода кокса на проведение доменной плавки в зависимости от содержания мелочи в агломерате.</p>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Исследование процессов производства агломерата» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень знаний обучающихся, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений; проводится в форме зачёта с оценкой.

Вопросы на зачёт берутся из теоретических вопросов к зачёту, задачи берутся из перечня, выполненных на практических занятиях. При получении оценки по зачёту обучающийся должен продемонстрировать знания в исследованиях процессов производства агломерата, умения и владения в соответствии с нормативными компетенциями. Обучающийся должен показать умение обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая результаты научно-технических разработок по аглодоменному производству, достижения в металлургии и смежных областях.

Зачёт по данной дисциплине проводится в устной форме. Он включает два теоретических вопроса и одно практическое задание в виде задачи.

### **Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– оценка **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности;

– оценка **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации;

– оценка **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, владений, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации;

– оценка **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные владения решения простых задач;

– оценка **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные владения решения простых задач.