



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)

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Направление подготовки (специальность)
22.04.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы
Искусственный интеллект в металлургии

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Литейных процессов и материаловедения
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 Литейных процессов и материаловедения

22.01.2026, протокол № 4

Зав. кафедрой

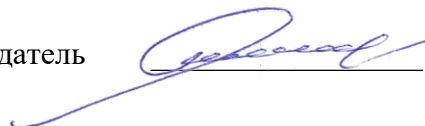


Н.А. Феоктистов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

05.02.2026 г. протокол № 5

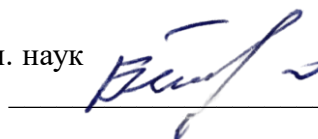
Председатель



А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

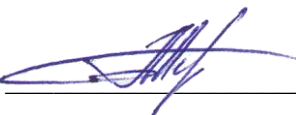
доцент кафедры кафедры ЛПИМ, канд. техн. наук



А.Б. Бойко

Рецензент:

доцент кафедры ПЭиБЖД, канд. техн. наук



А.Ю.

Перятинский

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Н.А. Феоктистов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Н.А. Феоктистов

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Моделирование металлургических процессов» являются формирование определенного уровня компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 22.04.02 «Металлургия»; формирование у обучающихся представлений и навыков по разработке математических моделей металлургических агрегатов и технологических процессов.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Моделирование металлургических процессов входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Теория процессов выплавки стали

Теория процессов ковшевой обработки стали

Теория разливки и кристаллизации стали

Теория процессов производства чугуна

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

Моделирование и оптимизация технологических процессов

Искусственные нейронные сети

Аддитивные технологии в металлургии

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Моделирование металлургических процессов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способен проводить анализ технологических и физических процессов различных способов литья сплавов для выбора путей, мер и средств управления качеством продукции с разработкой предложений по совершенствованию технологических процессов
ПК-2.1	Знает: как проводить анализ технологических и физических процессов различных способов литья сплавов с учетом современных методов исследования и применением цифровых технологий
ПК-2.2	Умеет: выбирать пути, меры и средства управления качеством продукции с учетом современных достижений; науки и практики
ПК-2.3	Имеет практический опыт: разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов с учетом практических достижений
ПК-4	Способен проводить анализ технологических процессов для выработки предложений по управлению качеством и свойствами продукции
ПК-4.1	Знает: современные методы исследования материалов и процессов; металловедческие основы технологических процессов производства изделий; современные конструкционные и инструментальные материалы; методы повышения качества продукции модифицированием их поверхности; технологические процессы, их влияние на качество продукции; технологические процессы, принципы их компьютерного моделирования и влияние на качество продукции; технологические процессы, принципы построения их

	цифровых двойников; автоматизированные технологические агрегаты прокатного производства
ПК-4.2	Умеет: проводить анализ технологических процессов для выработки предложений по управлению качеством и свойствами продукции, используя современные методы исследования материалов и процессов, компьютерное моделирование и цифровые технологии
ПК-4.3	Имеет практический опыт: анализа технологических процессов для выработки предложений по управлению качеством и свойствами продукции, используя современные методы исследования материалов и процессов, компьютерное моделирование; анализа технологических процессов для разработки требований к цифровому двойнику

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 16,1 академических часов;
- аудиторная – 16 академических часов;
- внеаудиторная – 0,1 академических часов;
- самостоятельная работа – 91,9 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;

Форма аттестации - зачет

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. Разделы дисциплины								
1.1 Структура процесса моделирования. Сложные системы и модели	1			4	16	Изучение литературы	Устный опрос	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
1.2 Моделирование металлургических процессов с использованием термодинамических и кинетических закономерностей. Экспериментально-статистические модели технологических процессов				4	28	Изучение литературы, подготовка к практическим занятиям и индивидуальной работе.	Проверка результатов практического занятия. Защита индивидуального задания, защита лабораторной работы.	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
1.3 Использование моделей для исследования, управления и обучения				3	12	Изучение литературы, подготовка к практическим занятиям.	Проверка результатов практического занятия, защита лабораторной работы.	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
1.4 Оптимизация металлургических процессов на основе математических моделей				2	18	Изучение литературы, подготовка к практическим занятиям.	Проверка результатов практического занятия, защита лабораторной работы.	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
1.5 Примеры моделей металлургических процессов				3	17,9	Изучение литературы, подготовка к практическим занятиям.	Проверка результатов практического занятия. Контрольное тестирование	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
Итого по разделу				16	91,9			

Итого за семестр			16	91,9		зачёт	
Итого по дисциплине			16	91,9		зачет	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Моделирование металлургических процессов» используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

На практических и лабораторных занятиях с использованием персональных компьютеров выполняются индивидуальные задания по изучаемому разделу дисциплины. При проведении занятий используется метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением. Результаты выполненных заданий защищаются и подвергаются коллективному обсуждению с выявлением и анализом проблемных ситуаций.

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. Моделирование и оптимизация технологических процессов : учебное пособие / С. В. Князев, А. А. Усольцев, М. А. Малюх [и др.]. — Новокузнецк : СибГИУ, 2023. — 155 с. — ISBN 978-5-7806-0606-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/507285> (дата обращения: 20.01.2026).

б) Дополнительная литература:

1. 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> (дата обращения: 20.01.2026).

2. Кучеряев, Б. В. Моделирование процессов и объектов в металлургии : учебное пособие / Б. В. Кучеряев, В. Б. Крахт, О. Г. Манухин. — Москва : МИСИС, [б. г.]. — Часть 1 : Моделирование и оптимизация технологических систем — 2004. — 62 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116999> (дата обращения: 20.01.2026).

3. Салихов, З. Г. АСУ технологическими процессами металлургии: интеллектуальные системы управления горно-металлургическими процессами : учебно-методическое пособие / З. Г. Салихов, И. Т. Кимяев, К. З. Салихов. — Москва : МИСИС, 2011. — 165 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116690> (дата обращения: 20.01.2026).

4. Зальцман, Э. С. Математическое моделирование тепловых процессов в отливках и формах : учебное пособие / Э. С. Зальцман, В. В. Шемякин. — Москва : МИСИС, 2001. — 84 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116972> (дата обращения: 20.01.2026).

в) Методические указания:

1. Столяров А.М., Буданов Б.А. Математическое моделирование двухфакторной зависимости длины лунки жидкого металла в слывовой

непрерывнолитой заготовке: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Моделирование процессов и объектов в металлургии» для студентов специальности 150101 – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2012. – 8 с.

2. Селиванов В.Н., Столяров А.М. Определение технологических параметров разливки стали на слябовой МНЛЗ – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 20 с.

3. Селиванов В.Н., Столяров А.М. Определение технологических параметров разливки стали на сортовой МНЛЗ – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 22 с.

г) 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	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно
Браузер Yandex	свободно	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: https://www.elibrary.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий оснащена:
 - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
 - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий:
 - компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - специализированной мебелью.
3. 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.
4. 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.
5. 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.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Моделирование металлургических процессов» предусмотрено выполнение расчетно-графических (курсовых, практических) и аудиторных самостоятельных работ обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач на практических занятиях.

Методические указания по подготовке к тестированию

Успешное выполнение тестовых заданий является необходимым условием итоговой положительной оценки в соответствии с рейтинговой системой обучения. Выполнение тестовых заданий предоставляет студентам возможность самостоятельно контролировать уровень своих знаний, обнаруживать пробелы в знаниях и принимать меры по их ликвидации. Форма изложения тестовых заданий позволяет закрепить и восстановить в памяти пройденный материал. Предлагаемые тестовые задания охватывают узловые вопросы теоретических и практических основ по дисциплине. Для формирования заданий использована закрытая форма. У студента есть возможность выбора правильного ответа или нескольких правильных ответов из числа предложенных вариантов. Для выполнения тестовых заданий студенты должны изучить лекционный материал по теме, соответствующие разделы учебников, учебных пособий и других литературных источников. Контрольные тестовые задания выполняются студентами на практических занятиях. Репетиционные тестовые задания содержатся в рабочей учебной программе дисциплины. С ними целесообразно ознакомиться при подготовке к тестированию.

Пример тестового задания

Выберите один правильный вариант ответа для каждого вопроса.

1. Что понимается под «сложной системой» в контексте моделирования металлургических процессов?

- А) Система, состоящая из одного элемента
- Б) Система, обладающая большим числом взаимосвязанных элементов и нелинейными связями между ними
- В) Система, которую невозможно описать математически
- Г) Система, работающая только при комнатной температуре

2. Какова структура процесса моделирования?

- А) Только проведение эксперимента
- Б) Постановка цели, создание модели, исследование модели, перенос знаний на оригинал
- В) Только написание программы на ЭВМ
- Г) Исключительно изучение литературы без практической проверки

3. Какие закономерности лежат в основе термодинамических моделей металлургических процессов?

- А) Законы наследственности и изменчивости
- Б) Законы термодинамики (равновесие фаз, минимум энергии Гиббса)
- В) Только законы гидравлики
- Г) Эмпирические зависимости без физического обоснования

4. Для чего используются экспериментально-статистические модели технологических процессов?

- А) Для точного расчета квантовых состояний электронов
- Б) Для выявления взаимосвязей между параметрами процесса на основе обработки опытных данных

- В) Только для построения чертежей оборудования
Г) Для замены лабораторных экспериментов теоретической физикой
- 5. Что из перечисленного является примером использования моделей для управления процессом?**
- А) Чтение лекции студентам
Б) Автоматическая корректировка температуры печи на основе математической модели нагрева слитка
В) Ручное рисование графика зависимости
Г) Заполнение журнала учета брака
- 6. Какова цель оптимизации металлургических процессов на основе математических моделей?**
- А) Увеличение расхода сырья
Б) Нахождение наилучших (оптимальных) параметров процесса для достижения максимума прибыли или минимума затрат
В) Усложнение технологии для повышения квалификации персонала
Г) Полный отказ от автоматизации
- 7. Какие методы могут использоваться при оптимизации металлургических процессов?**
- А) Методы линейного и нелинейного программирования
Б) Только метод проб и ошибок
В) Только графическое построение от руки
Г) Астрологический прогноз
- 8. Что из перечисленного относится к примерам моделей металлургических процессов?**
- А) Модель атома водорода
Б) Модель затвердевания слитка или модель нагрева металла в печи
В) Модель ценообразования на нефть
Г) Модель полета ракеты в космос
- 9. Какие процессы могут быть описаны с помощью кинетических моделей в металлургии?**
- А) Процессы, протекающие во времени (скорость роста зерна, растворение фаз, диффузия)
Б) Только статические равновесные состояния
В) Процессы, не зависящие от температуры
Г) Исключительно процессы плавления при постоянной температуре
- 10. В чем заключается особенность экспериментально-статистических моделей по сравнению с термодинамическими?**
- А) Они не требуют экспериментальных данных
Б) Они основаны на обработке результатов измерений и не всегда раскрывают физическую сущность процесса
В) Они всегда точнее термодинамических моделей
Г) Они могут использоваться только для идеальных газов

Перечень тем для проведения устного опроса:

1. Порядок проведения моделирования металлургических процессов.
2. Основные термодинамические закономерности, используемые при моделировании процессов выплавки чугуна в доменной печи.
3. Основные термодинамические закономерности, используемые при моделировании процессов выплавки стали в кислородном конвертере.
4. Кинетические закономерности, используемые при моделировании процесса обезуглероживания стали.

5. Оценка достоверности стохастических зависимостей для моделирования технологических процессов.
6. В чем особенность статических моделей?
7. Какие особенности имеют динамические модели?
8. В чем сущность содержательного подхода при построении математической модели?
9. Какова сущность статических моделей в металлургии?
10. Каковы особенности динамического моделирования в металлургии?
11. В чем особенность моделей с распределенными параметрами?
12. Методы оптимизации металлургических процессов.
13. Задачи оптимизации металлургических процессов.

Примерный перечень тем индивидуальных заданий

1. Математическое моделирование и оптимизация процесса окисления марганца в кислородно-конвертерной плавке.
2. Математическое моделирование и оптимизация процесса окисления марганца в электродуговой печи.
3. Математическое моделирование и оптимизация процесса разливки стали на слябовой МНЛЗ.
4. Математическое моделирование и оптимизация процесса разливки стали на сортовой МНЛЗ.
5. Математическое моделирование и оптимизация процесса дефосфорации металла в кислородно-конвертерной плавке.
6. Математическое моделирование и оптимизация процесса шлакообразования в кислородном конвертере.
7. Математическое моделирование и оптимизация процесса окисления углерода в кислородно-конвертерной плавке.
8. Математическое моделирование и оптимизация процесса дефосфорации металла в дуговой сталеплавильной печи.
9. Математическое моделирование и оптимизация процесса десульфурации кислородно-конвертерного металла в сталеразливочном ковше твердой шлакообразующей смесью (ТШС).
10. Математическое моделирование и оптимизация процесса десульфурации металла на агрегате «ковш-печь».
11. Математическое моделирование и оптимизация процесса легирования металла в ковше ферромарганцем.
12. Математическое моделирование и оптимизация процесса вакуумной обработки металла.

7 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
ПК-2: Способен проводить анализ технологических и физических процессов при непрерывной разливке стали для выбора путей, мер и средств управления качеством продукции с разработкой предложений по совершенствованию технологических процессов		
ПК-2.1	Знает: как проводить анализ технологических и физических процессов при непрерывной разливке стали с учетом современных методов исследования и применением цифровых технологий	<p style="text-align: center;"><i>Перечень тем для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация моделей по назначению. 2. Методы решения оптимизационных задач. 3. Сущность метода крутого восхождения. 4. Сущность симплексного метода. 5. Критерии оптимизации.
ПК-2.2	Умеет: выбирать пути, меры и средства управления качеством продукции с учетом современных достижений; науки и практики	<p style="text-align: center;"><i>Перечень тем индивидуальных заданий</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Математическое моделирование и оптимизация процесса окисления марганца в кислородно-конвертерной плавке. 2. Математическое моделирование и оптимизация процесса окисления марганца в электродуговой печи.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		3. Математическое моделирование и оптимизация процесса разлива стали на слябовой МНЛЗ. 4. Математическое моделирование и оптимизация процесса дефосфорации металла в кислородно-конвертерной плавке.
ПК-2.3	Имеет практический опыт: разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов с учетом практических достижений	<p style="text-align: center;">Пример задания на решение задач из профессиональной области</p> Математическое моделирование и оптимизация процесса окисления марганца в кислородно-конвертерной плавке. Смоделировать зависимость остаточного содержания марганца в металле перед выпуском из конвертера от расхода жидкого чугуна и основности шлака для условий ПАО «ММК». Определить оптимальные условия для получения остаточного содержания марганца в металле не менее 0,08 %.
ПК-4: Способен проводить анализ технологических процессов для выработки предложений по управлению качеством продукции		
ПК-4.1	Знает: современные методы исследования материалов и процессов; металлургические основы технологических процессов производства изделий; современные конструкционные и инструментальные материалы; методы повышения качества продукции модифицированием их поверхности; технологические процессы, их влияние на качество продукции; принципы проведения экспертизы металлов и металлоизделий; технологические	<p><i>Перечень тем для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Порядок проведения моделирования металлургических процессов. 2. Основные термодинамические закономерности, используемые при моделировании процессов выплавки чугуна в доменной печи. 3. Основные термодинамические закономерности, используемые при моделировании процессов выплавки стали в кислородном конвертере. 4. Кинетические закономерности, используемые при моделировании процесса обезуглероживания стали. 5. Оценка достоверности стохастических зависимостей для моделирования технологических процессов. <p>Пример тестового задания</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>процессы, принципы их компьютерного моделирования и влияние на качество продукции; технологические процессы, принципы построения их цифровых двойников; автоматизированные технологические агрегаты прокатного производства</p>	<p>Выберите один правильный вариант ответа для каждого вопроса.</p> <p>1. Что понимается под «сложной системой» в контексте моделирования металлургических процессов? А) Система, состоящая из одного элемента Б) Система, обладающая большим числом взаимосвязанных элементов и нелинейными связями между ними В) Система, которую невозможно описать математически Г) Система, работающая только при комнатной температуре</p> <p>2. Какова структура процесса моделирования? А) Только проведение эксперимента Б) Постановка цели, создание модели, исследование модели, перенос знаний на оригинал В) Только написание программы на ЭВМ Г) Исключительно изучение литературы без практической проверки</p> <p>3. Какие закономерности лежат в основе термодинамических моделей металлургических процессов? А) Законы наследственности и изменчивости Б) Законы термодинамики (равновесие фаз, минимум энергии Гиббса) В) Только законы гидравлики Г) Эмпирические зависимости без физического обоснования</p> <p>4. Для чего используются экспериментально-статистические модели технологических процессов? А) Для точного расчета квантовых состояний электронов Б) Для выявления взаимосвязей между параметрами процесса на основе обработки опытных данных</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>В) Только для построения чертежей оборудования Г) Для замены лабораторных экспериментов теоретической физикой</p> <p>5. Что из перечисленного является примером использования моделей для управления процессом?</p> <p>А) Чтение лекции студентам Б) Автоматическая корректировка температуры печи на основе математической модели нагрева слитка В) Ручное рисование графика зависимости Г) Заполнение журнала учета брака</p> <p>6. Какова цель оптимизации металлургических процессов на основе математических моделей?</p> <p>А) Увеличение расхода сырья Б) Нахождение наилучших (оптимальных) параметров процесса для достижения максимума прибыли или минимума затрат В) Усложнение технологии для повышения квалификации персонала Г) Полный отказ от автоматизации</p> <p>7. Какие методы могут использоваться при оптимизации металлургических процессов?</p> <p>А) Методы линейного и нелинейного программирования Б) Только метод проб и ошибок В) Только графическое построение от руки Г) Астрологический прогноз</p> <p>8. Что из перечисленного относится к примерам моделей металлургических процессов?</p> <p>А) Модель атома водорода Б) Модель затвердевания слитка или модель нагрева металла в печи</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>В) Модель ценообразования на нефть Г) Модель полета ракеты в космос</p> <p>9. Какие процессы могут быть описаны с помощью кинетических моделей в металлургии?</p> <p>А) Процессы, протекающие во времени (скорость роста зерна, растворение фаз, диффузия) Б) Только статические равновесные состояния В) Процессы, не зависящие от температуры Г) Исключительно процессы плавления при постоянной температуре</p> <p>10. В чем заключается особенность экспериментально-статистических моделей по сравнению с термодинамическими?</p> <p>А) Они не требуют экспериментальных данных Б) Они основаны на обработке результатов измерений и не всегда раскрывают физическую сущность процесса В) Они всегда точнее термодинамических моделей Г) Они могут использоваться только для идеальных газов</p>
ПК-4.2	<p>Умеет: проводить анализ технологических процессов для выработки предложений по управлению качеством продукции, используя современные методы исследования материалов и процессов, компьютерное моделирование и цифровые технологии</p>	<p><i>Перечень тем индивидуальных заданий</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Математическое моделирование и оптимизация процесса шлакообразования в кислородном конвертере. 2. Математическое моделирование и оптимизация процесса окисления углерода в кислородно-конвертерной плавке. 3. Математическое моделирование и оптимизация процесса дефосфорации металла в дуговой сталеплавильной печи. 4. Математическое моделирование и оптимизация процесса десульфурации кислородно-конвертерного металла в сталеразливочном ковше твердой

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		шлакообразующей смесью (ТШС).
ПК-4.3	Имеет практический опыт: анализа технологических процессов для выработки предложений по управлению качеством продукции, используя современные методы исследования материалов и процессов, компьютерное моделирование; анализа технологических процессов для разработки требований к цифровому двойнику	<p align="center">Пример задания на решение задач из профессиональной области</p> <p>Математическое моделирование и оптимизация процесса окисления марганца в кислородно-конвертерной плавке. Смоделировать зависимость остаточного содержания марганца в металле перед выпуском из конвертера от расхода жидкого чугуна и основности шлака для условий ПАО «ММК». Определить оптимальные условия для получения остаточного содержания марганца в металле не менее 0,08 %.</p>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Моделирование металлургических процессов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме *зачета*.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме в виде беседы по вопросам.

Показатели и критерии оценивания зачета:

Оценка «**зачтено**» ставится, если обучающийся демонстрирует сформированность компетенций не ниже порогового уровня: в ходе контрольных мероприятий могут допускаться ошибки, проявляющиеся в отсутствии отдельных знаний, умений, навыков.

– «**не зачтено**» – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.