

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Котова Лариса Анатольевна
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 27.05.2026 12:12:20
Уникальный программный ключ:
10730ffe6b1ed036b744b6e9d97700b86e5c04a7

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»
Новотроицкий филиал

Приложение 4

к ОПОП ВО 22.03.02 Metallургия
Metallургия черных металлов

Рабочая программа дисциплины Электрометаллургия стали и ферросплавов

Закреплена за подразделением **Кафедра металлургических технологий и оборудования (Новотроицкий филиал)**

Направление подготовки 22.03.02 Metallургия

Образовательная программа 22.03.02 Metallургия / Metallургия черных металлов

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану **144**

Виды контроля в семестрах:

экзамен 6
контрольная работа 6

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	Неделя 10			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	36	36	36	36
Лабораторные	18	18	18	18
Практические	18	18	18	18
Итого ауд.	72	72	72	72
Контактная работа	72	72	72	72
Сам. работа	45	45	45	45
В том числе сам. работа в рамках ФОС		45		
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

доцент, Гриднева А.Н.

Рабочая программа дисциплины

Электрометаллургия стали и ферросплавов

Составлен на основании учебного плана:

22.03.02_26_Металлургия_ПрМЧМ .plx.plx, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.03.02 Metallurgy Metallurgy черных металлов протокол от 27.11.2025 №68.

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра металлургических технологий и оборудования (Новотроицкий филиал)

Протокол от 11.03.2026 г., №3.

Руководитель подразделения Нефедов Андрей Викторович.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель - формирование знаний о теоретических основах и технологиях электрометаллургического производства стали и ферросплавов, обеспечивающих требуемые свойства и качество готовой продукции.
1.2	Задачи:
1.3	- изучить процессы и оборудование для производства стали и ферросплавов: конструкции печей, технологии выплавки, параметры электроплавки, электрического режима и автоматизацию производства;
1.4	- научить проводить физико-химические и инженерные расчеты процессов, протекающих в электропечах;
1.5	- научить разрабатывать технологическую схему производства заданной марки стали на базе современных методов выплавки в электродуговой печи, внепечной обработки и разливки.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.04
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Моделирование металлургических процессов и обработка экспериментальных данных	
2.1.2	Металлургические технологии	
2.1.3	Безопасность жизнедеятельности	
2.1.4	Теория и технология подготовки шихтовых материалов к металлургическому переделу	
2.1.5	Экстракция черных металлов из природного сырья	
2.1.6	Теория и технология доменного производства	
2.1.7	Металлургия чугуна	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Курсовая научно-исследовательская работа (часть 2)	
2.2.2	Курсовая научно-исследовательская работа (часть 3)	
2.2.3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.4	Теория и технология ковшевой обработки стали	
2.2.5	Внепечная обработка стали	
2.2.6	Теория и технология разливки стали	
2.2.7	Разливка и кристаллизация стали	
2.2.8	Оборудование аглодоменного и сталеплавильного производств	
2.2.9	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-1: Способен осуществлять технологические процессы по получению черных металлов, оценивать риски и определять меры по обеспечению их безопасности	
Знать:	
ПК-1-31 Устройство, принцип действия и правила эксплуатации технологического оборудования электрометаллургического производства	
ПК-2: Способен разрабатывать технологические процессы получения черных металлов, осуществлять контроль их выполнения и разрабатывать рекомендации по предупреждению и устранению дефектности продукции	
Знать:	
ПК-2-31 Теоретические основы электрометаллургических процессов производства металлов	
ПК-5: Способен определять технико-экономические показатели процессов получения черных металлов, проводить анализ эффективности технологических процессов производства черных металлов и разрабатывать предложения по их совершенствованию	
Знать:	
ПК-5-31 Влияние технологических параметров плавки и конструктивных особенностей электроплавильного оборудования на технико-экономические показатели производства высококачественных сталей, сплавов и ферросплавов	
ПК-6: Способен обоснованно выбирать и использовать новые цифровые технологии для повышения эффективности процессов получения черных металлов	
Знать:	
ПК-6-31 Современные тенденции развития технологических процессов и конструкций агрегатов электрометаллургии	

ПК-1: Способен осуществлять технологические процессы по получению черных металлов, оценивать риски и определять меры по обеспечению их безопасности
Уметь:
ПК-1-У1 Осуществлять технологический процесс производства высококачественных сталей и сплавов различными электрохимическими способами
ПК-2: Способен разрабатывать технологические процессы получения черных металлов, осуществлять контроль их выполнения и разрабатывать рекомендации по предупреждению и устранению дефектности продукции
Уметь:
ПК-2-У1 Анализировать и рассчитывать основные параметры электрометаллургических производств
ПК-5: Способен определять технико-экономические показатели процессов получения черных металлов, проводить анализ эффективности технологических процессов производства черных металлов и разрабатывать предложения по их совершенствованию
Уметь:
ПК-5-У1 Анализировать и совершенствовать техно-логические процессы производства высококачественных сталей, сплавов и ферросплавов в современных электроплавильных агрегатах
ПК-6: Способен обоснованно выбирать и использовать новые цифровые технологии для повышения эффективности процессов получения черных металлов
Уметь:
ПК-6-У1 Применять достижения науки в технологической практике электрометаллургических процессов.
ПК-1: Способен осуществлять технологические процессы по получению черных металлов, оценивать риски и определять меры по обеспечению их безопасности
Владеть:
ПК-1-В1 Методами анализа технологических процессов в электрометаллургии и их влияния на качество сталей и сплавов
ПК-2: Способен разрабатывать технологические процессы получения черных металлов, осуществлять контроль их выполнения и разрабатывать рекомендации по предупреждению и устранению дефектности продукции
Владеть:
ПК-2-В1 Навыками выбора параметров электрометаллургических систем
ПК-5: Способен определять технико-экономические показатели процессов получения черных металлов, проводить анализ эффективности технологических процессов производства черных металлов и разрабатывать предложения по их совершенствованию
Владеть:
ПК-5-В1 Методикой определения оптимальных технологических параметров производства высококачественных сталей, сплавов и ферросплавов в современных электроплавильных агрегатах
ПК-6: Способен обоснованно выбирать и использовать новые цифровые технологии для повышения эффективности процессов получения черных металлов
Владеть:
ПК-6-В1 Алгоритмами численных методов расчета и оптимизации технологических процессов

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Электродуговые печи							
1.1	Электросталеплавильные печи: общая характеристика, рабочее пространство, футеровка, электрическое и механическое оборудование. /Лек/	6	4	ПК-6-31 ПК-5-31 ПК-2-31 ПК-1-31	Л1.Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			

1.2	Конструкции ферросплавных печей: классификация печей ферросплавного производства, футеровка, определение параметров ванны ферросплавной печи. /Лек/	6	2	ПК-6-31 ПК-5-31 ПК-2-31 ПК-1-31	Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
1.3	Расчет баланса металла по переделам: прокатному, кузнечному, и электросталеплавильному /Пр/	6	2	ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
1.4	Определение размеров дуговой электросталеплавильной печи /Пр/	6	2	ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
1.5	Устройство дуговой сталеплавильной печи (ДСП) прямого действия /Лаб/	6	2	ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4	по форме "Групповая работа"		Р2
1.6	Изучение технологии выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи /Лаб/	6	4	ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4	по форме "Групповая работа"		Р3
	Раздел 2. Технология плавки стали в открытых дуговых печах							
2.1	Физико-химические основы производства стали в дуговых печах /Лек/	6	4	ПК-6-31 ПК-5-31 ПК-2-31 ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
2.2	Основы технологии плавки стали в открытых дуговых печах: - технология выплавки стали в дуговых печах с основной футеровкой; - выплавка стали в кислых дуговых печах. /Лек/	6	8	ПК-6-31 ПК-5-31 ПК-2-31 ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
2.3	Ковшевая обработка стали: способы, содержание, конструктивная и технологическая реализация, эффективность. /Лек/	6	6	ПК-6-31 ПК-5-31 ПК-2-31 ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			

2.4	Расчет шихты для выплавки стали в ДСП с использованием легированных отходов /Пр/	6	3	ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4	по форме "Групповая работа"			
2.5	Расчет материального и теплового балансов для выплавки углеродистой стали в ДСП (с применением кислорода) /Пр/	6	5	ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4				
2.6	Контрольная работа №1 /Пр/	6	1	ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1			КМ1		
2.7	Изучение устройства и принципа действия лабораторных электропечей /Лаб/	6	4	ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4	по форме "Групповая работа"		Р4	
2.8	Имитационное моделирование обработки электростали на агрегате доводки стали (АДС) /Лаб/	6	4	ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4	по форме "Групповая работа"		Р5	
Раздел 3. Производство ферросплавов									
3.1	Способы производства ферросплавов. Шихтовые материалы ферросплавного производства. /Лек/	6	2	ПК-6-31 ПК-5-31 ПК-2-31 ПК-1-31	Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4				
3.2	Производство кремния и его сплавов. /Лек/	6	4	ПК-6-31 ПК-5-31 ПК-2-31 ПК-1-31	Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4				
3.3	Производство марганца и его сплавов. /Лек/	6	4	ПК-6-31 ПК-5-31 ПК-2-31 ПК-1-31	Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4				
3.4	Производство хрома и его сплавов. /Лек/	6	2	ПК-6-31 ПК-5-31 ПК-2-31 ПК-1-31	Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4				
3.5	Расчет материального и теплового баланса производства ферросилиция. /Пр/	6	2	ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4	по форме "Групповая работа"			

3.6	Расчет материального и теплового баланса производства ферромарганца. /Пр/	6	2	ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4	по форме "Групповая работа"		
3.7	Контрольная работа №2 /Пр/	6	1	ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1			КМ2	
3.8	Изучение различных видов ферросплавов /Лаб/	6	4	ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4	по форме "Групповая работа"		Р6
Раздел 4. Подготовка к контрольным мероприятиям и выполняемым работам								
4.1	Объем часов самостоятельной работы на подготовку к КМ /Ср/	6	20				КМ1,КМ2,КМ3	
4.2	Объем часов самостоятельной работы на подготовку к ВР /Ср/	6	25					Р1,Р2,Р3,Р4,Р5,Р6

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Контрольная работа 1	ПК-6-31;ПК-1-31;ПК-5-31;ПК-2-31	<p>Теоретические вопросы к контрольной работе №1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 История развития электрометаллургии стали. 2 Структура электрометаллургии. 3 Общая характеристика электрических печей. 4 Классификация электрических печей. 5 Рабочее пространство дуговых печей. 6 Дуговой разряд, электрическая дуга, управление дугой. 7 Альтернативные источники тепла в электроплавке. Экономия энергии. 8 Футеровка электродуговых и индукционных печей. 9 Механическое оборудование электродуговых и индукционных печей. 10 Электрическое оборудование печей и режим работы электродуговых и индукционных печей. 11 Теория жидкого состояния. 12 Природа и свойства жидких сплавов железа. 13 Химическая активность примесей в жидком железе 14 Состав сталеплавильных шлаков и их свойства. 15 Теория жидких шлаков. 16 Окисление углерода в процессе плавки. 17 Окисление и восстановление кремния в процессе плавки. 18 Окисление и восстановление марганца в процессе плавки. 19 Окисление и восстановление хрома в процессе плавки. 20 Окисление фосфора в процессе плавки. 21 Десульфурация стали в процессе плавки. 22 Распределение серы между металлом и шлаком. 23 Влияние состава металла на десульфурацию стали. 24 Методы раскисления стали. 25 Раскисление шлаком. 26 Водород и азот в стали. Дегазация стали. 27 Основы технологии плавки стали в открытых дуговых печах. 28 Методы плавки стали в дуговых печах. 29 Шихтовые материалы электроплавки. 30 Подготовка печи к плавке и загрузка шихты. 31 Период плавления в ДСП 32 Окислительный период плавки 33 Восстановительный период плавки 34 Технология переплава легированных отходов в ДСП. 35 Внепечное вакуумирование стали. 36 Обработка стали в установках ковш-печь. 37 Обработка стали порошками щелочноземельных металлов и их соединений. 38 Обработка стали жидким синтетическим шлаком в ковше. 39 Продувка стали в ковше аргоном. 40 Выплавка конструкционной стали 41 Выплавка шарикоподшипниковой стали 42 Выплавка нержавеющей и жаропрочной стали 43 Выплавка быстрорежущей стали 44 Рафинирование металла вакуумом, газом или шлаком при переплавных процессах. 45 Технология плавки в открытых индукционных печах. 46 Экологические аспекты электрометаллургического производства.
-----	----------------------	---------------------------------	--

КМ2	Контрольная работа 2	ПК-6-31;ПК-1-31;ПК-5-31;ПК-2-31	<p>Теоретические вопросы к контрольной работе №2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Классификация и назначение ферросплавов 2 Общие требования к качеству ферросплавов 3 Основы физико-химических процессов производства ферросплавов 4 Углетермическое восстановление металлов 5 Металлотермическое восстановление металлов 6 Способы производства ферросплавов 7 Типы ферросплавных печей 8 Определение параметров ванны ферросплавной печи 9 Практика работы ферросплавных печей 10 Руды, используемые в производстве ферросплавов, и их обогащение 11 Кремний и его сплавы с железом 12 Физико-химические основы получения ферросилиция 13 Шихтовые материалы для производства ферросилиция 14 Технология плавки ферросилиция 15 Углетермический процесс выплавки ферросилиция 16 Силикотермический процесс выплавки ферросилиция 17 Физико-химические свойства марганца и его соединений 18 Марганцевые руды и их подготовка к плавке 19 Физико-химические закономерности восстановления марганца 20 Технология выплавки ферромарганца 21 Производство низкофосфористого ферромарганца 22 Выплавка средне и малоуглеродистого ферромарганца 23 Производство металлического марганца 24 Физико-химические свойства хрома и его соединений 25 Хромовые руды и их подготовка к переработке 26 Физико-химические основы выплавки углеродистого феррохрома 27 Производство силикохрома 28 Силикотермическое производство феррохрома 29 Бесфлюсовый метод выплавки феррохрома 30 Алюмотермическое производство феррохрома
-----	----------------------	---------------------------------	--

КМЗ	Экзамен	ПК-6-31;ПК-1-31;ПК-5-31;ПК-2-31	<p>Теоретические вопросы экзаменационных билетов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Структура электрометаллургии. 2 Общая характеристика электрических печей. 3 Классификация электрических печей. 4 Рабочее пространство дуговых печей. 5 Дуговой разряд, электрическая дуга, управление дугой. 6 Футеровка электропечей. 7 Механическое оборудование печей. 8 Электрическое оборудование печей и режим работы печей. 9 Теория жидкого состояния. 10 Природа и свойства жидких сплавов железа. 11 Химическая активность примесей в жидком железе 12 Состав сталеплавильных шлаков и их свойства. 13 Теория жидких шлаков. 14 Окисление углерода. 15 Окисление и восстановление примесей 16 Окисление фосфора. 17 Десульфурация стали. 18 Методы раскисления стали. 19 Водород и азот в стали. Дегазация стали. 20 Основы технологии плавки стали в открытых дуговых печах. 21 Методы плавки стали в дуговых печах. 22 Шихтовые материалы электроплавки. 23 Период плавления. 24 Окислительный период. 25 Восстановительный период. 26 Технология переплава легированных отходов. 27 Внепечное вакуумирование стали. 28 Обработка стали в установках ковш-печь. 29 Рафинирование металла вакуумом, газом или шлаком при переплавных процессах. 30 Технология плавки в открытых индукционных печах. 31 Классификация и назначение ферросплавов 32 Общие требования к качеству ферросплавов 33 Основы физико-химических процессов производства ферросплавов 34 Углетермическое восстановление металлов 35 Металлотермическое восстановление металлов 36 Способы производства ферросплавов 37 Типы ферросплавных печей 38 Определение параметров ванны ферросплавной печи 39 Практика работы ферросплавных печей 40 Руды, используемые в производстве ферросплавов, и их обогащение 41 Кремний и его сплавы с железом 42 Физико-химические основы получения ферросилиция 43 Шихтовые материалы для производства ферросилиция 44 Технология плавки ферросилиция 45 Углетермический процесс выплавки ферросилиция 46 Силикотермический процесс выплавки ферросилиция 47 Физико-химические свойства марганца и его соединений 48 Марганцевые руды и их подготовка к плавке 49 Физико-химические закономерности восстановления марганца 50 Технология выплавки ферромарганца 51 Производство низкофосфористого ферромарганца 52 Выплавка средне и малоуглеродистого ферромарганца 53 Производство металлического марганца 54 Физико-химические свойства хрома и его соединений 55 Хромовые руды и их подготовка к переработке 56 Физико-химические основы выплавки углеродистого феррохрома 57 Производство силикохрома 58 Силикотермическое производство феррохрома 59 Бесфлюсовый метод выплавки феррохрома 60 Алюмотермическое производство феррохрома
-----	---------	---------------------------------	---

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Домашнее задание	ПК-6-У1;ПК-6-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-5-У1;ПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Домашнее задание содержит расчет основных параметров выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи. Оформленное домашнее задание считается зачтенным, если проверено преподавателем, ведущим занятия, и имеет соответствующую запись о правильном его выполнении.
P2	Лабораторная работа 1 Устройство дуговой сталеплавильной печи (ДСП) прямого действия	ПК-6-У1;ПК-6-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-5-У1;ПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> 1 Дайте общую характеристику электродуговой печи. 2 Расскажите о классификации дуговых печей по роду тока и способу нагрева. 3 Как формируется электрическая дуга в дуговых печах прямо-го действия? 4 Опишите конструкцию дуговой печи прямого действия. 5 Какие варианты загрузки шихты применяются на электроду-говых печах? 6 В чем заключается конструктивное отличие крупных высокомо-щных ДСП? 7 Перечислите основные конструктивные элементы электроду-говой печи прямого действия 8 Для чего и каким образом осуществляется наклон электроду-говых печей? 9 Какие материалы применяют для футеровки подины электро-дуговой печи? 10 Какие варианты выпуска стали применяют на электродуговых печах? 11 Как осуществляется электрический контакт между электро-дом и токоподводящими контактными щечками? 12 Из чего изготавливают электроды электродуговых печей? 13 Что может стать причиной облома электродов? 14 Какие функции выполняют электрододержатели дуговых пе-чей? 15 Для чего нужны механизмы перемещения сводов и электро-дов? 16 Какие функции выполняют экономайзеры? 17 Что входит в состав электрооборудования современной электродуговой печи?

Р3	Лабораторная работа 2 Изучение технологии выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи	ПК-6-У1;ПК-6-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-5-У1;ПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> 1 Перечислите разновидности технологии электродуговой плавки и опишите их особенности 2 В чем заключаются особенности плавки стали на углеродистой («свежей») шихте? 3 Перечислите технологические операции выплавки стали с полным окислением 4 В чём заключаются основные недостатки плавки стали на углеродистой шихте с полным окислением? 5 Расскажите об особенностях технологии выплавки стали методом переплава. 6 Перечислите достоинства и недостатки технологии выплавки стали методом переплава. 7 В чём заключается отличительная особенность технологии электроплавки с частичным окислением от других известных вариантов технологий? 8 В чём заключается работа по подготовке печи к плавке? 9 В каком порядке следует укладывать шихтовые материалы в корзину (бадью) при загрузке электродуговой печи? 10 На что влияет порядок укладки шихтовых материалов в корзину при загрузке электродуговой печи? 11 Укажите оптимальное соотношение фракционного состава металлического лома в шихте ДСП. 12 Какой запас по углероду необходимо иметь в начале электродуговой плавки и за счёт чего он создаётся? 13 Задачи и способы снижения продолжительности периода плавления. 14 Задачи окислительного периода и применяемые технологические приёмы для их решения. 15 Варианты проведения раскисления стали при электродуговой плавке. 16 Перечислите основные задачи восстановительного периода. 17 Расскажите о современных технических решениях и технологических приёмах, повышающих эффективность электродуговой плавки.
Р4	Лабораторная работа 3 Изучение устройства и принципа действия лабораторных электропечей	ПК-6-У1;ПК-6-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-5-У1;ПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> 1 Принцип нагрева металла в индукционной тигельной печи. 2 Перечислите достоинства и недостатки индукционных тигельных печей. 3 От чего зависит эффективность работы индукционной тигельной печи? 4 Как изменяется к.п.д. индукционной печи в зависимости от частоты подводимого тока? 5 С какой целью схема электроснабжения индукционных печей включается конденсаторной батареей? 6 Какие тигли целесообразнее всего использовать в индукционной печи при исследованиях, проводимых с металлом (сталь, чугун) и шлаком? 7 Расскажите принцип нагрева материалов в камерной электропечи сопротивления? 8 Каким путем происходит передача тепла от нагревательных элементов расплавляемому материалу в печах сопротивления? 9 Как классифицируются камерные электрические печи сопротивления в зависимости от рабочей температуры? 10 Что является нагревательным элементом в печи Таммана?

P5	Лабораторная работа 4 Имитационное моделирование обработки электростали на агрегате доводки стали (АДС)	ПК-6-У1;ПК-6-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-5-У1;ПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	1 Что такое раскисление стали и с какой целью оно проводится? 2 Что такое легирование стали и с какой целью оно проводится? 3 Какие раскислители используются при раскислении кипящей, полуспокойной и спокойной стали? 4 Какие факторы влияют на угар элементов при раскислении? 5 Какие задачи решаются при обработке металла на агрегате доводки? 6 Назначение и технология продувки металла инертными газами? 7 Назначение и технология обработки металла порошкообразными реагентами? 8 Способы корректировки температуры металла на АДС и их эффективность? 9 Технологические особенности обработки металла на АДС?
P6	Лабораторная работа 5 Изучение различных видов ферросплавов	ПК-6-У1;ПК-6-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-5-У1;ПК-5-В1;ПК-2-В1;ПК-2-У1	1 Что называют ферросплавами, для чего их применяют и как получают? 2 Что такое основной и ведущий элемент в ферросплаве и какие другие элементы в нем содержатся? 3 Что называют комплексным ферросплавом? 4 Что такое лигатура? 5 Какой из сплавов является ферромарганцем, ферросилицием (45%-ным, 65%-ным, 75%-ным), силикомарганцем, ферромolibденом, феррохромом, металлическим хромом, металлическим марганцем, ферромolibденом, ферровольфрамом, феррованадием, ферротитаном? 6 Какие свойства придает стали Mn, Si, Cr, Mo, W, V, Ti?

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (билеты, тесты и т.п.)

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является экзамен.
Ниже представлен образец билета для экзамена, проводимого в устной форме.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра металлургических технологий и оборудования

БИЛЕТ № 0

к экзамену

Дисциплина: «Электрометаллургия стали и ферросплавов»

Направление: 22.03.02 Metallurgy

Форма обучения: очная

Форма проведения экзамена: устная

1. Структура электрометаллургии
2. Влияние состава металла на десульфурацию стали.
3. Классификация и назначение ферросплавов

Составил:

Зав. кафедрой МТиО _____

«__» _____ 20__ г.

Дистанционно экзамен проводится в LMS Moodle.

Образец заданий для экзамена, проводимого дистанционно в LMS Moodle.

1) По какому общему признаку классифицируются электрические печи?

1. по конструктивным особенностям;
2. по используемым шихтовым материалам;
3. по способу превращения электрической энергии в тепловую.

2) Какова общая продолжительность процесса графитизации электродов?

1. 50-60 ч;
2. 5-6 сут;
3. 7-10 сут.

3) Выберите компоненты шихты для изготовления графитизированных электродов.

- 1.антрацит;
 - 2.энергетический уголь;
 - 3.кокс;
 - 4.каменноугольная смола;
- 4)Какие отрицательные последствия имеют место при использовании водоохлаждаемых элементов в конструкции электропечей?
- 1.снижение производительности печи;
 - 2.увеличение простоев;
 - 3.увеличение расхода электроэнергии;
- 5) Какие меры способствуют повышению стойкости футеровки ДСП?
- 1.улучшение качества применяемых огнеупоров;
 - 2.увеличение удельной мощности трансформатора;
 - 3.увеличение диаметра распада электродов;
 - 4.предварительный подогрев металлошихты.
- 6) Какова оптимальная степень металлизации окатышей для при их использовании в шихте ДСП?
- 1.75-80%;
 - 2.80-85%;
 - 3.90-95%.
- 7) Какой компонент шихты из используемых в качестве шлакообразующих, способствует наибольшему удалению серы и фосфора?
- 1.известняк;
 - 2.известь;
 - 3.бокситы;
 - 4.плавиковый шпат.
- 8) Какие недостатки имеют место при электрошлаковом переплаве по сравнению с вакуумно-дуговой плавкой?
- 1.высокое содержание серы;
 - 2.большее содержание неметаллических включений;
 - 3.окисление активных элементов (Ti, Al) в процессе плавки.
- 9) К какому типу раскисления относится способ присадки порошкообразного раскислителя на шлак с целью снижения FeO?
- 1.глубинное;
 - 2.диффузионное.
- 10) Какое количество твердых окислителей (руды или агломерата) необходимо ввести в ДСП для удаления 0,01% C/т жидкого металла?
- 1.0,6-1,5 кг
 - 2.1,5-2,2 кг;
 - 3.2,0-3,0 кг.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

При оценке результатов защиты отчетов по лабораторным работам используется бинарная система, которая предусматривает следующие результаты и критерии оценивания:

«Зачтено», если выполнены все задания лабораторной работы, студент ответил на все контрольные вопросы

«Не зачтено», если не выполнены или выполнены неправильно задания лабораторной работы, ответы на контрольные вопросы с ошибками или нет ответов на контрольные вопросы.

В системе оценки знаний, умений и навыков по результатам проведения контрольных работ в письменной форме используются следующие критерии:

«Отлично» - за полное овладение содержанием учебного материала, владение понятийным аппаратом, умение решать практические задачи, грамотное, логичное изложение ответа.

«Хорошо» - если студент полно освоил учебный материал, владеет понятийным аппаратом, осознанно применяет знания для решения практических задач, грамотно излагает ответ, но содержание и форма ответа имеют некоторые неточности.

«Удовлетворительно» - если студент обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности в определении понятий, в применении знаний для решения практических задач, не умеет доказательно обосновать свои суждения.

«Неудовлетворительно» - если студент имеет разрозненные, бессистемные знания, не умеет выделять главное и второстепенное, допускает ошибки в определении понятий, искажает их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал, не может применять знания для решения практических задач; за полное незнание и непонимание учебного материала или отказ отвечать.

При проведении экзамена в форме устного опроса критериями оценки являются:

«Отлично» - студент демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью и способность быстро реагировать на уточняющие вопросы.

«Хорошо» - студент демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, но при этом делает несущественные ошибки, которые быстро исправляет самостоятельно или при незначительной коррекции преподавателем.

«Удовлетворительно» - студент демонстрирует неглубокие теоретические знания, проявляет слабо сформированные навыки анализа явлений и процессов, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает не достаточно свободное владение терминологией, логичностью и последовательностью изложения, делает ошибки, которые может исправить только при коррекции преподавателем.

«Неудовлетворительно» - студент демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательностью изложения, делает ошибки, которые не может исправить даже при коррекции преподавателем.

При проведении экзамена и контрольных работ в форме компьютерного тестирования критериями оценки являются:

«Отлично» - получение более 90 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время.

«Хорошо» - получение от 75 до 90 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время.

«Удовлетворительно» - получение от 50 до 75 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время.

«Неудовлетворительно» - получение менее 50 % баллов по тесту.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Братковский Е.В., Заводяный А. В., Шевченко Е. А.	Электрометаллургия стали: Учебное пособие		НФ НИТУ "МИСиС", 2018

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	А.Ф.Каблуковский	Производство электростали и ферросплавов: Учебник		М.: ИКЦ «Академия», 2003
Л2.2	В.А. Кудрин	Теория и технология производства стали		Мир, 2003

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Братковский Е.В., Шаповалов А.Н.	Электрометаллургия стали и ферросплавов: Лабораторный практикум		НФ НИТУ "МИСиС", 2019

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	НФ НИТУ "МИСиС"	www.nf.misis.ru
Э2	Российская научная электронная библиотека	www.elibrary.ru
Э3	НЭБ НИТУ "МИСиС"	www.elibrary.misis.ru
Э4	КиберЛенинка	www.cyberleninka.ru

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	WinPro 10 RUSUpgrdOLVNLEachAcademicAP
П.2	Microsoft Office Professional Plus 2013 Russian OLP NL AcademicEdition;

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Вид	Оснащение
212	Учебная аудитория для занятий лекционного типа, практических занятий	Лек	1 шт. - Компьютер в сборе; 1 шт. - Проектор Acer с потолочным креплением P 5206(3D) ; 1 шт. - Экран Lumien Eco Picture 200x200 см; 22 шт. - Стол студенческий; 1 шт. - Преподавательский стол; 44 шт. - Стул.
212	Учебная аудитория для занятий лекционного типа, практических занятий	Пр	1 шт. - Компьютер в сборе; 1 шт. - Проектор Acer с потолочным креплением P 5206(3D) ; 1 шт. - Экран Lumien Eco Picture 200x200 см; 22 шт. - Стол студенческий; 1 шт. - Преподавательский стол; 44 шт. - Стул.
217	Учебная лаборатория	Лаб	1 шт. - Металлический стенд; 1 шт. - Стеллаж под образцы 900*500*2000; 1 шт. - Стеллаж под образцы 900*500*2000; 1 шт. - Весы лабораторные технические; 1 шт. - Макет доменного цеха; 1 шт. - Макет мартеновского цеха.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Освоение дисциплины предполагает как проведение традиционных аудиторных занятий, так и работу в электронной информационно-образовательной среде НИТУ «МИСиС» (ЭИОС), частью которой непосредственно предназначенной для осуществления образовательного процесса является Электронный образовательный ресурс LMS Moodle.

Рекомендации по успешному освоению курса в традиционной форме.

Для успешного усвоения теоретического материала необходимо регулярно посещать лекции, перечитывать лекционный материал, значительное внимание уделять самостоятельному изучению дисциплины.

Успешному освоению курса также поможет ведение терминологического словаря, что позволит быстрее усваивать теоретический материал, грамотно строить свою речь при устных и письменных ответах.

Программа дисциплины включает лекционные, практические и лабораторные занятия, выполнение домашнего задания. Домашнее задание отличается значительными затратами времени и требует от студента знаний лекционного материала, методических указаний по выполнению задания и большого внимания. В связи с этим, при планировании своей самостоятельной работы вам следует учитывать, что пропуск лекционных занятий и невнимательное отношение к изучению методических указаний существенно осложнит выполнение домашнего задания. Подготовка к выполнению домашнего задания заключается в изучении соответствующих методических указаний. Оформленное домашнее задание сдается на кафедру металлургических технологий и оборудования. Правильно выполненное задание считается зачтенным. Не зачтенное задание возвращается студенту на доработку.

Лабораторные работы отличаются значительными энергозатратами. Часть работ проводится при использовании высокотемпературных агрегатов, связана со значительными затратами времени, кроме того, для их полноценного выполнения требуется участие в ней нескольких студентов под руководством преподавателя. В связи с этим, при планировании своей учебной работы вам следует учитывать, что пропуск лабораторного занятия связан со сложностями их выполнения.

Подготовка к выполнению лабораторной работы заключается в составлении теоретического введения к лабораторной работе. После выполнения лабораторной работы оформляется отчет. Работа считается полностью зачтенной после ее защиты. Защита лабораторных работ проводится на лабораторных занятиях.

Участие в практических занятиях требует от студентов высокой степени самостоятельности и способствует более глубокому освоению теоретических положений и их практического использования. На практических занятиях студенты под руководством преподавателя выполняют расчеты сталеплавильных процессов, а полученные результаты сопоставляют

с реальными производственными величинами.

Подготовка к экзамену по дисциплине заключается в изучении теоретического материала по конспектам лекций, источникам основной и дополнительной литературы. Допуском к экзамену являются защищенные отчеты по лабораторным работам. Экзамен по дисциплине проводится в устной форме.

Рекомендации по освоению дисциплины в дистанционной форме.

LMS Moodle позволяет использовать специальный контент и элементы электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. LMS Moodle используется преимущественно для асинхронного взаимодействия между участниками образовательного процесса посредством сети «Интернет».

Чтобы эффективно использовать возможности LMS Moodle, а соответственно и успешно освоить дисциплину, нужно:

- 1) зарегистрироваться на курс. Для этого нужно перейти по ссылке, выдаваемой сотрудниками деканата или преподавателем. Логин и пароль совпадает с логином и паролем от личного кабинета НИТУ МИСиС;
- 2) в рубрике «В начало» ознакомиться с содержанием курса, вопросами для самостоятельной подготовки, условиями допуска к аттестации, формой промежуточной аттестации (зачет/экзамен), критериями оценивания и др.;
- 3) в рубрике «Модули», заходя в соответствующие разделы изучать учебные материалы, размещенные преподавателем. В т.ч. пользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, переходя по ссылкам;
- 4) в рубрике «Библиотека» возможно подбирать для выполнения письменных работ (контрольные, домашние работы, курсовые работы/проекты) литературу, размещенную в ЭБС НИТУ «МИСиС»;
- 5) в рубрике «Задания» нужно ознакомиться с содержанием задания к письменной работе, сроками сдачи, критериями оценки. В установленные сроки выполнить работу(ы), подгрузить здесь же для проверки. Удобно называть файл работы следующим образом (название предмета (сокращенно), группа, ФИО, дата актуализации (при повторном размещении)). Если работа содержит рисунки, формулы, то с целью сохранения форматирования ее нужно подгружать в pdf формате. Работа, подгружаемая для проверки, должна:

- содержать все структурные элементы: титульный лист, введение, основную часть, заключение, список источников, приложения (при необходимости);
- быть оформлена в соответствии с требованиями.

Преподаватель в течение установленного срока (не более десяти дней) проверяет работу и размещает в комментариях к заданию рецензию. В ней он указывает как положительные стороны работы, так замечания. При наличии в рецензии замечаний и рекомендаций, нужно внести поправки в работу, подгрузить ее заново для повторной проверки. При этом важно следить за сроками, в течение которых должно быть выполнено задание. При нарушении сроков, указанных преподавателем возможность подгрузить работу остается, но система выводит сообщение о нарушении сроков. По окончании семестра подгрузить работу не получится;

- 6) в рубрике «Тесты» пройти тестовые задания, освоив соответствующий материал, размещенный в рубрике «Модули»;
- 7) в рубрике «Оценки» отслеживать свою успеваемость;
- 8) в рубрике «Объявления» читать объявления, размещаемые преподавателем, давать обратную связь;
- 9) в рубрике «Обсуждения» создавать обсуждения и участвовать в них (обсуждаются общие моменты, вызывающие вопросы у большинства группы). Данная рубрика также может быть использована для взаимной проверки;
- 10) проявлять регулярную активность на курсе.

Преимущественно для синхронного взаимодействия между участниками образовательного процесса посредством сети «Интернет» используется Microsoft Teams (MS Teams). Чтобы полноценно использовать его возможности нужно установить приложение MS Teams на персональный компьютер и телефон. Старостам нужно создать группу в MS Teams. Участие в группе позволяет:

- слушать лекции;
- работать на практических занятиях;
- быть на связи с преподавателем, задавая ему вопросы или отвечая на его вопросы в общем чате группы в рабочее время с 9.00 до 17.00;
- осуществлять совместную работу над документами (вкладка «Файлы»).

При проведении занятий в дистанционном синхронном формате нужно всегда работать с включенной камерой.

Исключение – если преподаватель попросит отключить камеры и микрофоны в связи с большими помехами. На аватарках должны быть исключительно деловые фото.

При проведении лекционно-практических занятий ведется запись. Это дает возможность просмотра занятия в случае невозможности присутствия на нем или при необходимости вновь обратиться к материалу и заново его просмотреть.