

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Образовательно-научный
институт физико-химических технологий и материаловедения (ИФХТиМ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ Мацулевич Ж.В.

подпись

« 20 » _____ марта 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.9.1 Теория металлургических процессов
для подготовки бакалавров

Направление подготовки:	<u>22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ</u>
Направленность:	<u>Процессы и агрегаты металлургии</u>
Форма обучения:	<u>заочная</u>
Год начала подготовки:	<u>2025</u>
Выпускающая кафедра:	<u>«Металлургические технологии и оборудование» МТО</u>
Кафедра-разработчик:	<u>«Металлургические технологии и оборудование» МТО</u>
Объем дисциплины	<u>144/4 часов/з.е</u>
Промежуточная аттестация:	<u>экзамен</u>
Разработчик:	<u>Беляев С.В., к.т.н., доцент</u>

Нижний Новгород 2025

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 02.06.2020 года № 702 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ протокол от 17.12.2024. № 6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 12.03.2025 № 8.

Зав. кафедрой д.т.н, профессор, _____ Леушин И.О
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИФХТиМ,
протокол от 20.03.2025 № 6

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 22.03.02-с-34

Начальник МО _____ Севрюкова Е.Г.
подпись

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Кабанина Н.И.
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

1	ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
	1.1 Цель освоения дисциплины.....	4
	1.2 Задачи освоения дисциплины.....	4
2	МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3	КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
4	СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
5	ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	13
	5.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности.....	13
	5.2 Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....	17
6	УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	19
	6.1 Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда.....	19
	6.2 Справочно-библиографическая литература.....	19
	6.3 Перечень журналов по профилю дисциплины.....	20
	6.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы для подготовки к занятиям.....	20
7	ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	20
	7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).....	20
	7.2 Перечень информационных справочных систем.....	20
	7.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины.....	20
	7.4 Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем.....	21
8	ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ.....	21
9	МАТЕРИАЛЬНО ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	22
10	МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	23
	10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии.....	23
	10.2 Методические указания для занятий лекционного типа.....	23
	10.3 Методические указания по освоению дисциплины на практических работах.....	24
	10.4 Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах.....	24
	10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся.....	26
11	ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	26
	11.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости.....	25
	11.2 Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине.....	30

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины является формирование и развитие у студентов компетенций в области физико-химического анализа основных металлургических процессов и химических реакций.

1.2 Задачи освоения дисциплины является:

- определение возможности и пределов протекания металлургических реакций;
- выявления механизма и скорости металлургических процессов;
- применение физико-химического анализа для выбора оптимальных технологических параметров металлургических процессов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Теория металлургических процессов» включена в вариативную часть Блока 1.В, установленного ФГОС ВО.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: Математика Б1.Б.5, Физика Б1.Б.6, Общая химия Б1.Б.7, Информатика Б1.Б.9, Введение в металлургические технологии Б1.Б.20.

Дисциплина «Теория металлургических процессов» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Минералогия и кристаллография Б1.Б.18, Неметаллические материалы в производстве металлопродукции Б1.В.ОД.4, Технологические основы производства металлопродукции Б1.В.ОД.8, Теоретические основы производства металлопродукции Б1.В.ОД.9.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)¹

Учебная дисциплина Теория металлургических процессов обеспечивает формирование части компетенций: ПК-1 (Б1.В.ОД.9.1).

В результате изучения студент способен анализировать физико-химические процессы основных металлургических реакций, выполнять необходимые физико-химические расчеты. Для освоения дисциплины «**Теория металлургических процессов**» студент должен:

Знать:

- о строении вещества в различных агрегатных состояниях;
- об основных физико-химических закономерностях наблюдаемых при протекания химических реакций;
- об основных термодинамических и кинетических закономерностях химических реакций;
- о физико-химических свойствах веществ;
- об основах термодинамического и кинетического взаимодействия оксидной, металлической и газовой фаз.

Уметь:

- использовать знания физико-химические закономерности для анализа химических реакций;
- анализировать диаграммы фазовых равновесий, структурные превращения в жидком и твердом состоянии вещества;
- применять математические методы для анализа и расчета высокотемпературных химических процессов.

Владеть:

- навыками исследования химических реакций;

- навыками математического анализа и обработки результатов измерений.

Процесс изучения дисциплины направлен:

- формирование элементов следующих профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС, ОП ВО по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия: ПК – 1 (таблица 1).

Таблица 1- Формирование компетенций дисциплиной

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины (Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки бакалавра)									
	1 курс		2 курс		3 курс		4 курс		5 курс	
	1 сем.	2 сем.	3 сем.	4 сем.	5 сем.	6 сем.	7 сем.	8 сем.	9 сем.	10 сем.
Код компетенции ПК-1										
Б1.В.ОД.9.1 Теория металлургических процессов										
Б1.В.ОД.5 Автоматика, управление и технические измерения										
Б1.В.ОД.1 Металлургическая теплотехника										
ФТД.1 Техническое черчение										
Б1.В.ОД.4 Неметаллические материалы в производстве металлопродукции										
Б2.П.2 Технологическая (проектно-технологическая) практика										
Б2.П.1 Организационно-управленческая практика										
Б1.В.ДВ.1.1 Экология металлургии и рециклинг промышленных отходов										
Б1.В.ДВ.2.2 Экология литейного производства										
ФТД.2 Производственные технологии										
Б1.В.ДВ.2.1 Основы проектирования металлургических производств										
Б1.В.ДВ.5.2 Логистика в металлургии										
Б1.В.ОД.6 Организационно-технические решения в металлургии										
Б1.В.ДВ.1.2 Трубное производство										
Б1.В.ДВ.3.2 Непрерывное ли-										

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины (Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки бакалавра)									
	1 курс		2 курс		3 курс		4 курс		5 курс	
	1 сем.	2 сем.	3 сем.	4 сем.	5 сем.	6 сем.	7 сем.	8 сем.	9 сем.	10 сем.
Код компетенции ПК-1										
ть заготовок										
Б1.В.ДВ.2.2 Основы инвестиционного проектирования в металлургии										
ФТД.3 Цифровые технологии производства литья										
Б1.В.ДВ.3.1 Процессы и оборудование для очистки газов в металлургических агрегатах										
Б1.В.ДВ.4.1 Производственная логистика в металлургии										
Б1.В.ДВ.4.2 Экологические проблемы литейного производства										
Б1.В.ДВ.6.1 Инновационные технологии производства металлопродукции										
Б1.В.ДВ.6.2 Сбыт металлопродукции										

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПК-1. Способен разрабатывать технологический процесс, выполняя при этом необходимые технологические расчеты и соблюдая требования производственной системы в области технологической подготовки производства	ИПК-1.1. Разрабатывает технологический процесс. ИПК-1.2. Выполняет необходимые технологические расчеты. ИПК-1.3. Соблюдает требования производственной системы в области технологической подготовки производства.	Знать: - основы физико-химических процессов протекания металлургических реакций металлургических процессов	Уметь: - выполнять расчеты металлургических реакций на основе теории металлургических процессов.	Владеть: - навыками оценки протекания металлургических реакций используя теорию металлургических процессов	Банк вопросов.	Вопросы и задачи к экзамену

Трудовая функция: ТФ А/01.6 Разработка документации для технологической подготовки производства транспортных средств и оборудования

Квалификационные требования к ТФ:

Трудовые действия:

- разработка технологических карт при производстве транспортных средств и оборудования;

Необходимые умения:

- инициировать и согласовывать предложения по внесению изменений и дополнений в конструкторскую и технологическую документацию;
- контролировать сроки выполнения графика технологической подготовки производства транспортных средств и оборудования;

Необходимые знания:

- Единая система технологической документации;
- основы технологии машиностроения в автомобилестроении;
- основы логистики в автомобилестроении.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4зач.ед. 144 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам 2 курс, 4 семестр
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	144	144
1. Контактная работа:	21	21
1.1.Аудиторная работа, в том числе:	15	15
-занятия лекционного типа (Л)	5	5
-занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занят. и др)	5	5
-лабораторные работы (ЛР)	5	5
1.2.Внеаудиторная, в том числе	6	6
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2	2
2.Самостоятельная работа, в том числе (СРС)	114	114
-реферат/эссе (подготовка)		
-расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
-контрольная работа		
-курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
-самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	105	105
Подготовка к экзамену (контроль)	9	9
Подготовка к зачёту/ зачёту с оценкой (контроль)		

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4.1-Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освое- ния: код ПК и ин- дикаторы дости- жения компетен- ций	Наименование разде- лов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и ин- терактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Прак- тической подго- товки (трудо- емкость в ча- сах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудо- емкость в часах)
					Сам. Раб.				
		Лек	Лаб. Раб.	Прак. Зан.					
2 курс, IV семестр									
ПК-1 ИПК-1.1	Раздел 1. Горение топлива					Подготовка к лекции [1,2, 5]			
	Тема. Горение моноок- сида углерода и водоро- да. Реакция Белла- Будуара. Горение угле- рода	1,0			9,6				
	Практическое занятие			1,0	2	Подготовка к ПЗ[1, 6]			
	Лабораторная работа №1. Исследование вза- имодействия твердого углерода с кислородо- содержащей газовой фазой.		1,0		4	Подготовка к лабораторной работе [7]			
	Работа по освоению 1 раздела:								
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								
	Итого по 1 разделу	1,0	1,0	1,0	15,6				
ПК-1	Раздел 2. Карбонаты и оксиды – образование и					Подготовка к			

ИПК-1.1	термическая диссоциация					лекции [1,2, 5]			
	Тема. Образование и термическая диссоциация карбонатов и оксидов	1,0			9,6				
	Практическое занятие			1,0	2,0	Подготовка к ПЗ[1, 6]			
	Лабораторная работа №2. Теплофизическое исследование процессов разложения карбоната		1,0		4,0	Подготовка к лабораторным работам [7]			
	Работа по освоению 2 раздела:								
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								
	Итого по 2 разделу	1,0	1,0	1,0	15,6				
ПК-1 ИПК-1.1	Раздел 3. Восстановление оксидов металлов								
	Тема. Восстановление оксидов газообразными восстановителями и твердым углеродом	1,0			9,6	Подготовка к лекции [1,2, 5]			
	Практическое занятие			1,0	2,0	Подготовка к ПЗ[1, 6]			
	Лабораторная работа №3. Определение вязкости шлакового расплава		1,0		4,0	Подготовка к лабораторным работам [7]			
	Работа по освоению 3 раздела:								
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								

	Итого по 3 разделу	1,0	1,0	1,0	15,6				
ПК-1 ИПК-1.1	Раздел 4. Термодинамика и кинетика металлургических расплавов								
	Тема. Металлургические шлаки и расплавы	1,0			9,6	Подготовка к лекции [1,2, 5]			
	Практическое занятие			1,0	2,0	Подготовка к ПЗ[1, 6]			
	Лабораторная работа №4. Определение поверхностного натяжения металлического расплава		1,0		4,0				
	Работа по освоению 4 раздела:								
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								
	Итого по 4 разделу	1,0	1,0	1,	15,6				
ПК-1 ИПК-1.1	Раздел 5. Термодинамика и кинетика поведения вредных примесей								
	Тема. Раскисление металла. Процессы рафинирования металла от серы и фосфора.	1,0			11,6	Подготовка к лекции [1,2, 5]			
	Практическое занятие			1,0	4,0	Подготовка к ПЗ[1, 6]			
	Работа по освоению 5 раздела								
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								
	Итого по 5 разделу	1,0		1,0	15,6				

	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	5,0	5,0	5,0	78				
	Подготовка к экзамену				36				
	ИТОГО по дисциплине	5,0	5,0	5,0	68				

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Текущий контроль знаний обучающихся осуществляется: тестированием по темам лекций, решением практических задач, контрольные работы.

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Вопросы для подготовки к контрольным мероприятиям (текущий контроль)

Раздел 1. Горение топлива

1. Что понимается под горением топлива? Какие основные реакции горения топлива характерны для металлургических процессов?
2. Как рассчитать равновесное давление кислорода в газовых смесях $\text{CO} - \text{CO}_2$ и $\text{H}_2 - \text{H}_2\text{O}$ при высоких температурах?
3. Дайте термодинамическую оценку реакциям горения.
4. Как влияет температура на окислительные свойства газовой смеси $\text{CO} - \text{CO}_2$ с постоянным отношением CO / CO_2 ?
5. Как влияет давление на равновесие реакций взаимодействия углерода с кислородом и CO_2 ?
6. Дайте оценку химического сродства CO и H_2 к кислороду при температурах металлургических процессов.
7. Уравнение изотермы Вант-Гоффа и его использование для определения направления протекания реакций.
8. Как изменяется химическое сродство CO и H_2 с температурой?
9. Проиллюстрируйте применение закона Гесса на примере реакций водяного газа, Белла-Будуара, горения углерода.
10. Как влияет давление на равновесие реакций горения сродство CO и H_2 ?
11. Как изменится равновесное давление кислорода в газовой смеси $\text{CO} - \text{CO}_2$ при повышении температуры и увеличении содержания CO_2 в составе смеси?
12. Чем оцениваются окислительные свойства газовой фазы?
13. Как влияет температура на окислительные свойства газовой смеси $\text{H}_2 - \text{H}_2\text{O}$ с постоянным отношением $\text{H}_2 / \text{H}_2\text{O}$?
14. Как производится расчет равновесного состава сложной газовой смеси, в состав которой входят CO_2 , CO , H_2 и H_2O ?
15. Как производится расчет парциального давления кислорода сложной газовой смеси, в состав которой входят CO_2 , CO , H_2 и H_2O ?
16. Как влияет температура на равновесие реакции Белла-Будуара? Какие температурные области протекания этой реакции можно выделить?
17. Как рассчитывается состав газовой смеси $\text{CO} - \text{CO}_2$, находящейся в равновесии с твердым углеродом?
18. Раскройте термин «температура воспламенения» газовой смеси
19. В чем проявляется сущность цепного механизма реакции горения?
20. Как рассчитать состав газовой смеси $\text{CO} - \text{CO}_2 - \text{N}_2$, находящейся в равновесии с твердым углеродом?
21. Укажите последовательность развития цепной реакции горения водорода и монооксида углерода.
22. Кинетические особенности и механизм горения твердого углерода.

Раздел 2. Карбонаты и оксиды – образование и термическая диссоциация

1. При каких условиях возможно интенсивное разложение карбоната?
2. Что такое упругость диссоциации карбоната и как влияет температура на величину упругости диссоциации карбоната?
3. Как рассчитать температуру начала разложения карбоната при заданном содержании CO_2 в газовой фазе, с которой взаимодействует карбонат?
4. Как рассчитать тепловой эффект реакции диссоциации карбоната по значениям упругости диссоциации карбоната при нескольких температурах?
5. Чем определяются температуры начала разложения и химического кипения карбонатов?
6. Чем оценивается прочность карбонатов и как влияет температура на прочность карбонатов?
7. Проиллюстрируйте применение уравнения изотермы Вант-Гоффа для определения направления протекания реакций диссоциации карбонатов и оксидов.
8. Дайте оценку сравнительной прочности карбонатов кальция, магния и железа.
9. Как влияет давление на термическую прочность карбонатов и оксидов?
10. Какие факторы влияют на равновесное давление кислорода в системе оксид металла-металл?
11. Что такое упругость диссоциации оксида и как влияет температура на величину упругости диссоциации?
12. Как производится расчет равновесного давления кислорода в системе оксид металла-металл при различных температурах?
13. При каких условиях возможна термическая диссоциация оксидов?
14. Для каких оксидов возможна термическая диссоциация в условиях металлургических процессов?
15. Как производится расчет состава газовой смеси H_2 - H_2O для безокислительного нагрева металла?
16. При каких соотношениях прочности оксида металла и окислительного потенциала газовой фазы последняя будет иметь окислительный характер по отношению к металлу, с которым данный оксид находится в состоянии равновесия?
17. Как влияет вакуум на термодинамическую прочность оксида?

Раздел 3. Восстановление оксидов металлов

1. Какими термодинамическими характеристиками должно обладать вещество В, чтобы служить восстановителем для оксида MeO ?
2. При каком соотношении упругостей диссоциации оксида металла и газовой фазы создаются условия для процесса восстановления данного оксида газовой фазой?
3. Какие элементы могут быть восстановителями по отношению к железу при температурах, характерных для металлургических процессов?
4. Дайте определение углетермическому, силикотермическому и металлотермическому восстановлению.
5. Дайте определение прямого и косвенного восстановления.
6. Как влияет температура и давление на равновесие реакций косвенного восстановления?
7. Приведите классификацию оксидов по их восстановимости.
8. Дайте сравнительную оценку косвенного восстановления оксид металла CO и H_2 .
9. Сформируйте принцип последовательного превращения А.А. Байкова и проиллюстрируйте его действие на примере восстановления железа.
10. Дайте термодинамическую характеристику реакциям косвенного восстановления оксидов железа.
11. Приведите термодинамические условия прямого восстановления оксидов железа.
12. Как влияет на температуру начала восстановления оксидов железа твердым углеродом при изменении давления?
13. Сформируйте условия начала прямого восстановления.
14. Что называется температурой начала прямого восстановления?

15. Как рассчитывается температура начала восстановления оксида металла твердым углеродом для случая, когда оксид металла и металл представляют собой чистые конденсированные фазы?
16. Как влияет прочность восстанавливаемого оксида на температуру начала восстановления оксида твердым углеродом?
17. Как влияет на температуру начала восстановления оксида металла твердым углеродом изменение давления?
18. Сформируйте что такое металлотермия.
19. Объясните термодинамические условия металлотермического восстановления металлов из их оксидов.
20. Что такое термичность и как она рассчитывается?
21. Как влияет прочность восстанавливаемого оксида на температуру начала восстановления оксида твердым углеродом?
22. Как влияет на температуру начала восстановления оксида металла твердым углеродом изменение давления?
23. Изложите механизм восстановления оксидов металлов газами и поясните влияние условий восстановления на кинетику процесса.
24. Изложите механизм восстановления оксидов металлов твердым углеродом.

Раздел 4. Термодинамика и кинетика металлургических расплавов.

1. Как делятся шлакообразующие оксиды по свойствам?
2. Какие свойства металлургических шлаков являются важнейшими?
3. Какое стандартное состояние выбирается, при определении активности компонентов металлургического или шлакового раствора?
4. Что означает *конгруэнтно* или *инконгруэнтно* плавящиеся химические соединения?
5. О чем свидетельствуют вид максимума на диаграмме состояния шлаковых систем?
6. Характеристикой, каких свойств компонента раствора является его термодинамическая активность?
7. Как пересчитать состав раствора, выраженный в процентах по массе на мольные доли?
8. Что характеризует коэффициент активности компонента в растворе?
9. Какой принцип расчета активностей компонентов шлакового расплава по молекулярной теории строения расплавленных шлаков?
10. В чем состоят основные положения ионной теории строения расплавленных шлаков?
11. При каких условиях возможно окисление примеси Э, растворенной в металле, расплавленным шлаком?
12. Что такое «коэффициент распределения кислорода между металлом и шлаком» и от чего зависит его величина?
13. Какие термодинамические условия определяют полноту перехода элемента из металла в шлак в результате окислительного рафинирования?
14. Перечислите источники кислорода в процессе окислительного рафинирования металла и дайте оценку их участия в процессе.
15. Чем определяется предельная степень обезуглероживания металла в процессе окислительного рафинирования?
16. Взаимосвязь между содержанием кислорода и углерода в металле в процессе окислительного рафинирования.
17. Как влияют температура и давление на равновесие реакций окисления углерода?
18. Изложите механизм процесса обезуглероживания при участии в процессе различных источников кислорода.
19. Перечислите основные факторы, влияющие на кинетику процесса окислительного рафинирования (на примере окисления углерода).
20. Чем оценивается окисленность металла и шлака?

Раздел 5. Термодинамика и кинетика поведения вредных примесей

1. Влияние кислорода на структуру слитка и свойства стали. Сущность раскисления.

2. Какие элементы используются в качестве раскислителей для жидкого железа и его сплавов?
3. Термодинамический анализ глубинного раскисления. Раскислительная способность.
4. Методика определения раскислительной способности и ее зависимость от температуры и давления для различных элементов-раскислителей.
5. Как изменяется раскислительная способность элемента-раскислителя в случае, когда продукт раскисления (оксид) присутствует в системе не в чистом виде, а образует раствор или химическое соединение с другим оксидом?
6. Как влияют различные элементы, растворенные в жидком железе, на коэффициент активности растворенного кислорода?
7. Как рассчитывается равновесная концентрация кислорода в сложном металлическом расплаве, содержащем несколько легирующих элементов?
8. Как влияет температура на равновесную концентрацию кислорода в расплаве после раскисления?
9. Какие факторы определяют равновесную с углеродом концентрацию кислорода в жидком железе?
10. Влияние серы на свойства стали и сущность десульфурации металла.
11. Что называется коэффициентом распределения серы между металлом и шлаком?
12. По каким реакциям происходит удаление серы из металла в шлак в соответствии с молекулярной теорией строения расплавленных шлаков?
13. Какие факторы и как влияют на коэффициент распределения серы между металлом и шлаком?
14. Особенности десульфурации металла в восстановительных условиях.
15. Механизм и кинетические особенности десульфурации металла шлаком.
16. Влияние фосфора на свойства стали и сущность дефосфорации металла.
17. Какие факторы и как влияют на распределение фосфора между металлом и шлаком?
18. Какие условия способствуют более полному переходу фосфора из металла в шлак?
19. По какой реакции происходит окисление фосфора, растворенного в жидком железе, в соответствии с молекулярной теорией строения расплавленного шлака?
20. Механизм и кинетические особенности дефосфорации металла шлаком.

Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзамена

1. Основные понятия химической термодинамики. Первый закон термодинамики.
2. Второй закон термодинамики. Энергия Гиббса. Тепловой эффект, закон Гесса. Теплоемкость.
3. Принцип подвижного равновесия. Закон распределения. Правило фаз.
4. Скорость химических реакций. Равновесие, константа равновесия химических реакций.
5. Кинетические закономерности химических реакций. Кинетика гомогенных и гетерогенных реакций.
6. Состав и свойства газовой фазы. Термодинамические закономерности реакции горения. Реакция горения H_2 и CO. Окислительные свойства газовой фазы. Кислородный потенциал.
7. Термодинамические закономерности реакции водяного газа (реакция Гана).
8. Термодинамические закономерности реакций в системе твердый углерод-кислород.
9. Термодинамические закономерности восстановления оксидов. Термодинамика восстановления оксидов газообразными восстановителями.
10. Термодинамические закономерности восстановления оксидов твердым углеродом.
11. Термодинамические закономерности металлотермического восстановления.
12. Термическая диссоциация. Диссоциация оксидов.
13. Диссоциация карбонатов. Температура начала диссоциации и химического кипения.
14. Металлургические шлаки. Строение жидких металлургических шлаков.

15. Молекулярная и ионная теория шлаков. Термодинамическая активность шлака.
 16. Диаграммы состояния основных шлаковых систем.
 17. Состав и физико-химические свойства шлаков.
 18. Строение жидких металлов. Физико-химические свойства металлических расплавов.
 19. Металлические расплавы и их термодинамические характеристики. Закон Рауля и Генри.
 20. Термодинамические основы окислительного рафинирования. Окисление марганца и кремния.
 21. Термодинамические основы окислительного рафинирования. Окисление углерода.
 22. Межфазное распределение кислорода. Растворимость кислорода в железе.
 23. Основы теории раскисления. Раскисляющая способность элементов.
 24. Раскисление кремнием, алюминием и марганцем. Раскисление в вакууме.
 25. Взаимодействия металлических и оксидных фаз. Межфазное распределение серы.
 26. Взаимодействия металлических и оксидных фаз. Межфазное распределение фосфора.
 27. Взаимодействия металлических и оксидных фаз. Межфазное распределение газообразных веществ.
 28. Термодинамические пределы растворимости водорода и азота в железе
 29. Кинетика гомогенных металлургических реакций
 30. Кинетика гетерогенных металлургических реакций
- Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.

Для оценивания знаний, умений, навыков и формирования компетенций по дисциплине применяется балльная система контроля и оценки успеваемости студента.

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырех-балльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 5. При текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ

Шкала оценивания	Экзамен/ Зачет с оценкой	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	незачет

Таблица 6 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПК-1. способен разрабатывать технологический процесс, выполняя при этом необходимые технологические расчеты и соблюдая требования производственной системы в области технологической подготовки производства	ИПК-1.1. Разрабатывает технологический процесс. ИПК-1.2. Выполняет необходимые технологические расчеты. ИПК-1.3. Соблюдает требования производственной системы в области технологической подготовки производства	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не освоены с новыми термодинамические и кинетические закономерности металлургических процессов, непонимание их использования в рамках поставленных целей и задач, что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверхностные знания по основным термодинамическим и кинетическим закономерностям металлургических процессов. Изложение полученных знаний неполное, однако, это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя.	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные термодинамические и кинетические закономерности металлургических процессов.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании.

Таблица 7. Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « отлично » заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку « хорошо » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку « удовлетворительно » заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку « неудовлетворительно » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Учебно-методическое обеспечение дисциплины реализуется в рамках функционирующей в вузе электронной информационно-образовательной среды MOODLE. Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из издания, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих дисциплину.

1. Беляев С.В. Курс лекций Теория металлургических процессов. Режим доступа MOODLEdpo.nntu.ru/ [Курс: Теория металлургических процессов \(nntu.ru\)](http://nntu.ru) .

2. С. В. Беляев, В. А. Героцкий. Основы теории металлургических процессов.: Учеб. пособие. - Н.Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2015.

3. А.С. Ермилин. Теория металлургических процессов. Учебно-методическое пособие.: Н.Новгород: НГТУ им. Р.Е.Алексеева 2007

4. Д.И. Рыженков. Теория металлургических процессов: Учебник. -М.: Металлургия. 1989

5. Е.А. Казачков. Расчеты по теории металлургических процессов.: Учебное пособие. :М. : Металлургия, 1988

6.2 Справочно-библиографическая литература.

7. П.С. Харлашин. Теоретические основы сталеплавильных процессов.: Учеб. пособие: М.: МИСиС.

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

7. Физико-химические основы металлургических процессов.

8. Беляев С.В., Субботин А.Ю. Металлургические расчеты: Беляев С.В., Субботин А.Ю.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева – Н. Новгород, 2020.

6.4 Перечень журналов по профилю дисциплины:

1. Литейное производство.
2. Литейщик России.
3. Заготовительное производство в машиностроении.
4. Известия вузов. Черная металлургия.
5. Черные металлы.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине(открытый доступ):

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл. с экрана.
5. Университетские сети знаний [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.unikor.ru> – Загл. с экрана
6. Портал для студентов для поиска информации по изучаемым дисциплинам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.twirpx.com> – Загл. с экрана.
7. Портал «Металлург» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.bestmetallurg.narod.ru – Загл. с экрана
8. Портал Российской Ассоциации Литейщиков [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.ruscastings.ru – Загл. с экрана.

7.2 Перечень информационных справочных систем

Таблица 8. Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/

7.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

Таблица 9. Программное обеспечение

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html
	OpenOffice(FreeWare) https://www.openoffice.org/ru/

7.4 Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, он-лайн курсы и т.д.

Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html
	Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+	https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nttu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения (таблица 11)

Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	3306а Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра «Металлургические технологии и оборудование»), 603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 28а, корп. 3	1. Доска маркерная; 2. Доска интерактивная; 3. Мультимедийный проектор (Canon); 4. Компьютеры PC Intel Core I3/16 Gb RAM/NVIDIA GeForce GTX 1050Ti/RX550/HDD 500/1000 Gb (8 штук) 5. МФУ HP113 6. Рабочее место преподавателя. 7. Рабочее место студента - 24 чел.	MicrosoftOffice 2007 RussianAcademic OPEN NoLevel; номер лицензии 44804588; дата выдачи 15.11.2008; авторизационный номер лицензиата 64795440ZZE1011. - LVMFlow 4.5r5, лицензия №8200.G54 - Adem; договор №121-260 от 21.09.2012; ключ защиты 3689 от 26.04.2012. Предоставляемое ОУ на безвозмездной основе в учебных целях: - InvetnorProfessional 2021; s/n 570-65042789 однопользовательская лицензия для образовательных учреждений на несколько рабочих мест: http://www.autodesk.com/education/free-software/inventor-professional ; - PDM STEP Suite 5.405 free license: http://pss.cals.ru ; - STOR M3 demo.
	3211 Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра «Металлургические технологии и оборудование»), 603155,	1. Доска меловая; 2. Экран настенный; 3. Мультимедийный проектор (BenQ); 4. Компьютер PC Intel Pentium-G630/2 Gb RAM/HDD 500 5. Рабочее место преподавателя 6. Рабочее место студента - 12 чел. 7. Библиотека кафедры. 8. Учебный стенд «Специ-	MicrosoftOffice 2007 RussianAcademicOPENNoLevel; номерлицензии 44804588; датавыдачи 15.11.2008; авторизационныйномерлицензиата 64795440ZZE1011. - Операционнаясистема Windows XP(×32); лицензия MSDN Academic Alliance, ID: 700493612, Shipping information Vladimir Reshetov. - SIKE.Конструкция ДСП retail; - SIKE.Конструкция АПК retail.

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 28а, корп. 3	альные виды литья» 9. Учебный стенд «Огнеупорные материалы»	

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- интерактивные технологии;
- разноуровневые задачи и задания;
- собеседование.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине преподаватель может применять балльно-рейтинговую систему контроля и оценку успеваемости студентов.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии за набранными за семестр баллами. Студентам, набравшим в ходе текущего контроля успеваемости по дисциплине от 61 до 100 баллов и выполнившим все обязательные виды запланированных учебных занятий, по решению преподавателя без прохождения промежуточной аттестации выставляется оценка в соответствии со шкалой оценки результатов освоения дисциплины.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям/лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень ответственности результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывает все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной

среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится комплексная оценка знаний, включающая

- проведение контрольных работ;
- тестирование на сайте преподавателя по различным разделам курса
- экзамен.

11.1.1 Типовые задания к практическим заданиям.

Раздел I. Горение газов CO и H_2

Задача 1. Какое должно быть отношение CO_2/CO в газовой смеси из монооксида углерода и диоксида углерода, чтобы при температуре t_1 и t_2 равновесное давление кислорода в ней составляло $P_{O_2}(1)$? Сделать выводы о влиянии температуры на равновесие рассматриваемой реакции. Исходные данные в таблице I.

Задача 2. Какое должно быть отношение H_2/H_2O в газовой смеси из водорода и водяного пара, чтобы при температуре t_1 и t_2 равновесное давление кислорода в ней составляло $P_{O_2}(2)$? Сделать выводы о влиянии температуры на равновесие рассматриваемой реакции. Исходные данные в таблице I.

Задача 3. Определить температуру, при которой равновесное парциальное давление кислорода в газовой смеси $H_2 - H_2O$ при отношении P_{H_2}/P_{H_2O} составит $P_{O_2}(1)$ и $P_{O_2}(2)$. Сделать вывод о влиянии давления кислорода на равновесную температуру рассматриваемой реакции. Исходные данные в таблице I.

Задача 4. Определить температуру, при которой равновесное парциальное давление кислорода в газовой смеси $CO_2 - CO$ при отношении P_{CO_2}/P_{CO} составит $P_{O_2}(1)$ и $P_{O_2}(2)$. Сделать вывод о влиянии давления кислорода на равновесную температуру рассматриваемой реакции. Исходные данные в таблице I.

Задача 5. Определить равновесное парциальное давление кислорода в газовых смесях $CO_2 - CO$ и $H_2 - H_2O$ при температурах t_1 и t_2 и отношении $P_{CO_2}/P_{CO} = P_{H_2}/P_{H_2O}$. Сделать вывод о соотношении химического сродства монооксида углерода и водорода при рассматриваемых температурах. Исходные данные в таблице 1.

Таблица 1. Варианты задач

№ вар	$t_1, ^\circ C$	$t_2, ^\circ C$	$P_{O_2(1)},$ Па	$P_{O_2(2)},$ Па	P_{H_2}/P_{H_2O}	P_{CO_2}/P_{CO}	P_{CO_2}/P_{CO} $= P_{H_2}/P_{H_2O}$
1	1600	900	5×10^{-5}	$1,5 \times 10^{-5}$	0,2	0,25	0,35
2	1250	700	3×10^{-5}	$0,25 \times 10^{-5}$	0,3	0,35	0,15
3	900	720	2×10^{-5}	$0,5 \times 10^{-5}$	0,4	0,45	0,20
4	1000	740	1×10^{-5}	3×10^{-5}	0,5	0,55	0,25
5	1100	760	$0,5 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-5}$	0,25	0,25	0,3
6	1200	780	5×10^{-5}	$0,75 \times 10^{-5}$	0,35	0,35	0,35
7	1300	800	4×10^{-5}	1×10^{-5}	0,45	0,45	0,4
8	1400	820	3×10^{-5}	$1,5 \times 10^{-5}$	0,27	0,27	0,45

9	1500	840	2×10^{-5}	$0,5 \times 10^{-5}$	0,28	0,28	0,5
10	1600	860	1×10^{-5}	$0,25 \times 10^{-5}$	0,33	0,33	0,55
11	1600	880	5×10^{-5}	$0,5 \times 10^{-5}$	0,2	0,25	0,6
12	800	1350	3×10^{-5}	$0,75 \times 10^{-5}$	0,3	0,35	0,25
13	900	1120	2×10^{-5}	$0,5 \times 10^{-5}$	0,4	0,45	0,3
14	1000	740	1×10^{-5}	$2,75 \times 10^{-5}$	0,5	0,55	0,35
15	1100	960	$0,5 \times 10^{-5}$	$2,5 \times 10^{-5}$	0,25	0,25	0,4
16	1150	980	5×10^{-5}	$0,5 \times 10^{-5}$	0,35	0,35	0,45
17	1300	1000	4×10^{-5}	$1,5 \times 10^{-5}$	0,45	0,45	0,5
18	1400	1020	3×10^{-5}	$0,75 \times 10^{-5}$	0,27	0,27	0,55
19	1500	1040	2×10^{-5}	1×10^{-5}	0,28	0,28	0,6
20	1600	1060	1×10^{-5}	$2,5 \times 10^{-5}$	0,33	0,33	0,33

Раздел II. Реакции водяного газа, горения твердого углерода и термического разложения карбонатов.

Задача 1. В печь нагретую до температуры t_3 , подается газовая смесь следующего состава, % (объемные): 32 CO, 11 CO₂, 9 H₂, 48 N₂. Определить направление реакции водяного газа и равновесный состав газовой смеси при этой температуре. Исходные данные в таблице 2.

Задача 2. Определить равновесный состав газовой смеси из CO и CO₂, находящихся в равновесии с твердым углеродом при температуре t_3 и давлении в системе: $P_1 = 10^4$ Па; $P_2 = 0,5 \cdot 10^5$ Па; $P_3 = 10^5$ Па; $P_4 = 5 \cdot 10^5$ Па. Сделать вывод о влиянии давления на равновесие реакции газификации углерода. Исходные данные в таблице 2.

Задача 3. Определить температуру, при которой упругость диссоциации карбоната (1) будет равна P_{CO_2} . Исходные данные в таблице 2.

Задача 4. Определить температуру начала разложения карбоната (2) в атмосфере, содержащей X% CO₂. Общее давление в газовой фазе P. Исходные данные приведены в таблице 2.

Задача 5. Карбонат (1) нагревают до температуры t_4 в газовой фазе, содержащей X% CO₂. Будет ли происходить диссоциация карбоната в этих условиях? $P_{общ} = 10^5$ Па. Исходные данные представлены в таблице 2.

Задача 6. Какое значение должно иметь равновесное отношение P_{CO}/P_{CO_2} для безокислительного нагрева чистого Y в газовой фазе CO – CO₂ при температуре t_5 .

Исходные данные в таблице 2.

№ вар	$t_1, ^\circ\text{C}$	Карбонат (1)	$P_{CO_2}, \text{Па}$	Карбонат (2)	X%	$P, \text{Па}$	$t_4, ^\circ\text{C}$	Y	$t_5, ^\circ\text{C}$
1	900	CaCO ₃	$1,5 \times 10^5$	MgCO ₃	10	$2,5 \times 10^5$	800	Mn	1000
2	700	CaCO ₃	$1,25 \times 10^5$	MgCO ₃	11	$2,25 \times 10^5$	1150	Mn	1350
3	720	CaCO ₃	2×10^5	MgCO ₃	12	$2, \times 10^5$	1200	Mn	800
4	740	CaCO ₃	1×10^5	MgCO ₃	13	3×10^5	1300	Mn	1050
5	760	CaCO ₃	$2,5 \times 10^5$	MgCO ₃	14	$2,5 \times 10^5$	1450	Mn	1300
6	780	CaCO ₃	$1,75 \times 10^5$	MgCO ₃	15	$1,75 \times 10^5$	1100	Mn	700
7	800	CaCO ₃	$1,1 \times 10^5$	MgCO ₃	16	$2,1 \times 10^5$	1050	Mn	1150
8	820	CaCO ₃	$1,3 \times 10^5$	MgCO ₃	17	$2,3 \times 10^5$	1000	Mn	1200
9	840	CaCO ₃	$1,22 \times 10^5$	MgCO ₃	18	$2,22 \times 10^5$	1450	Mn	900

10	860	$CaCO_3$	$1,6 \times 10^5$	$MgCO_3$	19	$2,6 \times 10^5$	1050	Mn	1100
11	880	$MgCO_3$	$1,29 \times 10^5$	$CaCO_3$	10	$2,29 \times 10^5$	900	Ni	1000
12	900	$MgCO_3$	$1,35 \times 10^5$	$CaCO_3$	11	$2,35 \times 10^5$	1150	Ni	700
13	920	$MgCO_3$	$1,2 \times 10^5$	$CaCO_3$	12	$2,2 \times 10^5$	950	Ni	1250
14	940	$MgCO_3$	$1,1 \times 10^5$	$CaCO_3$	13	$2,1 \times 10^5$	1100	Ni	950
15	1080	$MgCO_3$	$1,5 \times 10^5$	$CaCO_3$	14	$2,5 \times 10^5$	1200	Ni	1200
16	980	$MgCO_3$	$1,3 \times 10^5$	$CaCO_3$	15	$2,3 \times 10^5$	1250	Ni	850
17	1000	$MgCO_3$	$1,4 \times 10^5$	$CaCO_3$	16	$2,4 \times 10^5$	1150	Ni	1150
18	1020	$MgCO_3$	$1,38 \times 10^5$	$CaCO_3$	17	$2,38 \times 10^5$	1200	Ni	900
19	1040	$MgCO_3$	$1,28 \times 10^5$	$CaCO_3$	18	$2,28 \times 10^5$	1350	Ni	750
20	1060	$MgCO_3$	$2,1 \times 10^5$	$CaCO_3$	19	$3,1 \times 10^5$	1100	Ni	1100

Раздел III. Реакции восстановления газообразным восстановителем, углеродом и металлотермическое восстановление.

Задача 1. Определить минимальный расход восстановителя В (п, моль), необходимый для полного восстановления 1 моля оксида (MeO), при температуре t_6 . Исходные данные приведены в таблице 3.

Задача 2. Для реакции косвенного восстановления оксида MeO восстановителем В определить равновесное содержание восстановителя В при температуре t_6 . Исходные данные приведены в таблице 3.

Задача 3. Определить температуру при которой реакция косвенного восстановления оксида MeO восстановителем В будет находится в равновесии при условии, что отношение содержаний восстановителя (%В) и его оксида (%ВО) равно В/ВО. Исходные данные приведены в таблице 4.

Задача 4. Определить равновесный состав газовых смесей *восстановитель*(В) – *оксид восстановителя*(ВО) для реакции косвенного восстановления оксида MeO в интервале температур 600 – 1600 К. Построить графики зависимости в координатах : (%В)=f(T), (%ВО)=f(T). Шаг температур - 200 К. Исходные данные в таблице 4.

Задача 5. Определить температуру начала восстановления оксида MeO при общем давлении в системе 1 атм и Р (Па) и концентрации СО в газовой фазе (%СО). Сделать вывод о влиянии давления на температуру начала восстановления. Исходные данные приведены в таблице 5.

Таблица 3

№вар	В	MeO	$t_6, ^\circ\text{C}$	№вар	В	MeO	$t_6, ^\circ\text{C}$
1	CO	NiO	1000	11	CO	MnO	1100
2	H_2	NiO	1000	12	H_2	MnO	1100
3	CO	MnO	1000	13	CO	FeO	1100
4	H_2	MnO	1000	14	H_2	FeO	1100
5	CO	FeO	1000	15	CO	Cr_2O_3	1100
6	H_2	FeO	1000	16	H_2	Cr_2O_3	1100
7	CO	Cr_2O_3	1000	17	CO	NiO	1200
8	H_2	Cr_2O_3	1000	18	H_2	NiO	1200
9	CO	NiO	1100	19	CO	MnO	1200
10	H_2	NiO	1100	20	H_2	MnO	1200

Таблица 4

№вар	B	MeO	B/BO	№вар	B	MeO	B/BO
1	CO	NiO	10^{-3}	11	CO	MnO	10^{-2}
2	H ₂	NiO	10^{-3}	12	H ₂	MnO	10^{-2}
3	CO	MnO	10^{-1}	13	CO	FeO	10^{-3}
4	H ₂	MnO	10^{-1}	14	H ₂	FeO	10^{-3}
5	CO	FeO	10^{-2}	15	CO	Cr ₂ O ₃	10^{-2}
6	H ₂	FeO	10^{-2}	16	H ₂	Cr ₂ O ₃	10^{-2}
7	CO	Cr ₂ O ₃	10^{-1}	17	CO	NiO	10^{-5}
8	H ₂	Cr ₂ O ₃	10^{-1}	18	H ₂	NiO	10^{-5}
9	CO	NiO	10^{-4}	19	CO	MnO	1
10	H ₂	NiO	10^{-4}	20	H ₂	MnO	1

Таблица 5

№вар	%CO	MeO	P, Па	№вар	%CO	MeO	P, Па
1	10	MnO	$1,5 \cdot 10^5$	11	60	Cr ₂ O ₃	$2 \cdot 10^5$
2	15	MnO	$0,25 \cdot 10^5$	12	65	Cr ₂ O ₃	$3 \cdot 10^5$
3	20	FeO	$2 \cdot 10^5$	13	70	MnO	$2 \cdot 10^5$
4	25	FeO	$2,5 \cdot 10^5$	14	75	MnO	$1,5 \cdot 10^5$
5	30	Cr ₂ O ₃	$0,5 \cdot 10^5$	15	80	FeO	$0,5 \cdot 10^5$
6	35	Cr ₂ O ₃	$0,75 \cdot 10^5$	16	10	FeO	$3 \cdot 10^5$
7	40	FeO	$4 \cdot 10^5$	17	15	Cr ₂ O ₃	$4 \cdot 10^5$
8	45	FeO	$3 \cdot 10^5$	18	20	Cr ₂ O ₃	$3 \cdot 10^5$
9	50	MnO	$2 \cdot 10^5$	19	25	MnO	$2 \cdot 10^5$
10	55	MnO	$0,5 \cdot 10^5$	20	30	MnO	$2,5 \cdot 10^5$

Раздел IV. Активность компонентов шлакового и металлического расплавов.

Задача. Рассчитать на основе молекулярной теории шлаков активность CaO и FeO в шлаках, составы которых приведены в табл.

Вариант	Состав шлака, масс., %							
	CaO	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	MnO	Σ
1	27,7	15,3	28	4,5	5,5	2	17	100
2	37,9	9,1	25,2	5	6	2,8	14	100
3	32,8	14,2	20,0	7	7	4	15	100
4	30,2	17,8	22,0	6,5	6	3,5	14	100
5	35,1	18,9	17,5	5,5	4,5	2,5	16	100
6	40,2	14,8	16,4	5,0	9,5	1,9	12,2	100
7	42,2	15,6	14,2	4,0	9,3	2,3	12,4	100
8	46,2	14,2	10,5	4,0	10,6	2,0	12,5	100
9	43,1	17,4	10,7	3,6	10,0	1,8	13,4	100
10	44,8	14,5	12	4,8	12,4	1,8	9,7	100
11	39,7	16,7	14,7	5,2	9,2	2,0	12,5	100
12	44,3	17,4	11,2	3,8	10,4	2,5	10,4	100
13	41,2	15,1	14,3	4,2	10,9	2,7	11,6	100
14	43,8	14,6	11,0	3,4	12,4	2,2	12,6	100
15	45,4	18,8	12,9	3,4	8,5	2,4	8,6	100
16	37,2	19,7	18,0	6,6	7,9	2,7	7,9	100
17	44,4	16,6	12,2	3,4	6,8	2,6	14,0	100

Принять существование в шлаке следующих соединений: $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, $4\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5$. Соединения не диссоциированы. Содержание MgO и MnO считать вместе с CaO .

11.1.2 Типовые задания для лабораторных работ

1. Какие реакции возможны при взаимодействии углерода и кислорода?
2. Особенности выделения тепла при горении углерода в толстом слое топлива.
3. Термодинамический анализ реакции газификации углерода.
4. При каких условиях карбонат может разлагаться в атмосфере воздуха?
5. Чем определяется протяженность температурной остановки при химическом кипении?
6. Что такое вязкость? В каких единицах измеряется коэффициент вязкости?
7. Как влияет температура на вязкость шлака?

11.1.3 Типовые вопросы (задания) для устного (письменного) опроса

1. Исследование взаимодействия твердого углерода с кислородосодержащей газовой фазой.
2. Теплофизическое исследование процессов разложения карбонатов
3. Определение вязкости шлака.
4. Определение поверхностного натяжения металлов.
1. Что понимается под горением топлива? Какие основные реакции горения топлива характерны для металлургических процессов?
2. Дайте термодинамическую оценку реакциям горения.
3. Проиллюстрируйте применение закона Гесса на примере реакций водяного газа, Белла-Будуара, горения углерода.
4. Чем оцениваются окислительные свойства газовой фазы?
5. Как влияет температура на равновесие реакции Белла-Будуара? Какие температурные области протекания этой реакции можно выделить?
6. Назовите кинетические особенности и механизм горения твердого углерода.
7. Что такое упругость диссоциации карбоната и как влияет температура на величину упругости диссоциации карбоната?
8. Чем определяются температуры начала разложения и химического кипения карбонатов?
9. Чем оценивается прочность карбонатов и как влияет температура на прочность карбонатов?
10. При каких условиях возможна термическая диссоциация оксидов?
11. Как влияет вакуум на термодинамическую прочность оксида?
12. Какие элементы могут быть восстановителями по отношению к железу при температурах, характерных для металлургических процессов?
13. Дайте определение прямого и косвенного восстановления.
14. Сформируйте принцип последовательного превращения А.А. Байкова и проиллюстрируйте его действие на примере восстановления железа.
15. Что называется температурой начала прямого восстановления?
16. Как влияет прочность восстанавливаемого оксида на температуру начала восстановления оксида твердым углеродом?
17. Назовите важнейшие свойства металлургических шлаков.
18. Какой принцип расчета активностей компонентов шлакового расплава по молекулярной теории строения расплавленных шлаков?
19. В чем состоят основные положения ионной теории строения расплавленных шлаков?
20. Перечислите источники кислорода в процессе окислительного рафинирования металла и дайте оценку их участия в процессе.
21. Влияние кислорода на структуру слитка и свойства стали. Сущность раскисления.
22. Какие элементы используются в качестве раскислителей для жидкого железа и его сплавов?

23. Влияние серы на свойства стали и сущность десульфурации металла.
24. Десульфурация металла в восстановительных и окислительных условиях.
25. Влияние фосфора на свойства стали и сущность дефосфорации металла.

11.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине.

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине :экзамен в устно-письменной форме по экзаменационным билетам.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Основные понятия химической термодинамики. Первый закон термодинамики.
2. Второй закон термодинамики. Энергия Гиббса. Тепловой эффект, закон Гесса. Теплоемкость.
3. Принцип подвижного равновесия. Закон распределения. Правило фаз.
4. Скорость химических реакций. Равновесие, константа равновесия химических реакций.
5. Кинетические закономерности химических реакций. Кинетика гомогенных и гетерогенных реакций.
6. Состав и свойства газовой фазы. Термодинамические закономерности реакции горения. Реакция горения H_2 и CO. Окислительные свойства газовой фазы. Кислородный потенциал.
7. Термодинамические закономерности реакции водяного газа (реакция Гана).
8. Термодинамические закономерности реакций в системе твердый углерод-кислород.
9. Термодинамические закономерности восстановления оксидов. Термодинамика восстановления оксидов газообразными восстановителями.
10. Термодинамические закономерности восстановления оксидов твердым углеродом.
11. Термодинамические закономерности металлотермического восстановления.
12. Термическая диссоциация. Диссоциация оксидов.
13. Диссоциация карбонатов. Температура начала диссоциации и химического кипения.
14. Металлургические шлаки. Строение жидких металлургических шлаков.
15. Молекулярная и ионная теория шлаков. Термодинамическая активность шлака.
16. Диаграммы состояния основных шлаковых систем.
17. Состав и физико-химические свойства шлаков.
18. Строение жидких металлов. Физико-химические свойства металлических расплавов.
19. Металлические расплавы и их термодинамические характеристики. Закон Рауля и Генри.
20. Термодинамические основы окислительного рафинирования. Окисление марганца и кремния.
21. Термодинамические основы окислительного рафинирования. Окисление углерода.
22. Межфазное распределение кислорода. Растворимость кислорода в железе.
23. Основы теории раскисления. Раскисляющая способность элементов.
24. Раскисление кремнием, алюминием и марганцем. Раскисление в вакууме.
25. Взаимодействия металлических и оксидных фаз. Межфазное распределение серы.
26. Взаимодействия металлических и оксидных фаз. Межфазное распределение фосфора.
27. Взаимодействия металлических и оксидных фаз. Межфазное распределение газообразных веществ.
28. Термодинамические пределы растворимости водорода и азота в железе
29. Кинетика гомогенных металлургических реакций
30. Кинетика гетерогенных металлургических реакций

РЕЦЕНЗИЯ

**на рабочую программу дисциплины «Теория металлургических процессов»
ОП ВО по направлению 22.03.02 «Металлургия»,
профиль «Процессы и агрегаты металлургии»
(квалификация выпускника – бакалавр)**

Харчевым Русланом Михайловичем, главным металлургом АО ПКО «Теплообменник» (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «**Теория металлургических процессов**» ОП ВО по направлению 22.03.02 «Металлургия», профиль «Процессы и агрегаты металлургии» (бакалавриат) разработанной в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», на кафедре «Металлургические технологии и оборудование» (разработчик – Беляев С.В. к.т.н., доцент).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

Программа соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению **22.03.02 «Металлургия»**. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам. Представленная в Программе *актуальность* учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к вариативной части учебного цикла – Б1.

Представленные в Программе *цели* дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления **22.03.02 «Металлургия»**.

В соответствии с Программой за дисциплиной «Теория металлургических процессов» закреплена *компетенция ПК-1*. Дисциплина и представленная Программа способны реализовать ее в объявленных требованиях.

Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

Общая трудоёмкость дисциплины «Теория металлургических процессов» составляет 4 зачётные единицы (144 часа). Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Теория металлургических процессов» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению **22.03.02 «Металлургия»** и возможность дублирования в содержании отсутствует.

Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

Программа дисциплины «Теория металлургических процессов» предполагает не менее 20% занятий в интерактивной форме.

Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления **22.03.02 «Металлургия»**.

Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (устный и письменный опрос, решение кейс-задач и др.), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, – экзамен, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины вариативной части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления **22.03.02 «Металлургия»**.

Нормы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника (базовые учебники), дополнительной литературой – 2 наименования, периоди-

ческими изданиями – 2, источников со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 4 и соответствует требованиям ФГОСВО направления **22.03.02 «Металлургия»**.

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Теория металлургических процессов» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Теория металлургических процессов».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Теория металлургических процессов» ОПОП ВО по направлению **22.03.02 «Металлургия», профиль «Процессы и агрегаты металлургии»** (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Беляевым Сергеем Владимировичем, к.т.н., доцентом, соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент:

Харчев Р.М., главный металлург АО ПКО «Теплообменник»

«20» марта 2025 г.
