

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)
(полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИФХТиМ
Мацулевич Ж.В.
(расшифровка подписи)

(подпись)

« 20 » января 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.6 «Прикладная термодинамика и кинетика»
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки магистров

Направление подготовки:	22.04.02 «Металлургия» (код и направление подготовки, специальности)
Направленность:	программа «Металлургические процессы и ресурсосбережение» (наименование профиля, программы магистратуры, специализации)
Форма обучения:	заочная (очная, очно-заочная, заочная)
Год начала подготовки:	2025
Выпускающая кафедра:	«Металлургические технологии и оборудование» (МТО)
Кафедра-разработчик:	«Металлургические технологии и оборудование» (МТО)
Объем дисциплины:	144/4 часа/з.е.
Промежуточная аттестация:	экзамен
Разработчик:	Ларин М.А., к.т.н., доцент

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2025

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++)
по направлению подготовки 22.04.02 «Металлургия»,
утверждённым приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 24.04.2018 г. № 308
на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ
протокол от 17.12.2024 г. № 6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 09.01.2025 г. № 6

Зав. кафедрой д.т.н., профессор Леушин И.О.
(учёная степень, учёное звание) (подпись) (ФИО)

Программа рекомендована к утверждению Учебно-методическим советом института ИФХТиМ ,
протокол от 20.01.2025 г. № 5

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 22.04.02-м-6

Начальник МО Севрюкова Е.Г.
(подпись)

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

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ	8
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ.....	14
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.	18
5.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	18
5.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ.....	22
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	24
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА	24
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА	24
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ	25
6.4. ПЕРЕЧЕНЬ ЖУРНАЛОВ ПО ПРОФИЛЮ ДИСЦИПЛИНЫ	25
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	25
7.1 ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	26
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)	26
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ.....	28
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	28
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	29
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	32

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью (целями) освоения дисциплины является удовлетворение потребностей общества и государства в специалистах, владеющих знаниями о применении неметаллических материалов в производстве металлопродукции, умеющими применять на практике знания и умения, способных составить конкуренцию в области профессиональной деятельности.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Дисциплина «Прикладная термодинамика и кинетика» готовит к решению задач профессиональной деятельности технологического и организационно-управленческого типов:

- осуществлять сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- осуществлять планирование, постановку и проведение экспериментов в областях и сферах профессиональной деятельности;
- проводить анализ результатов экспериментов, осуществлять выбор оптимальных решений, подготавливать и составлять обзоры, отчеты и научные публикации;
- проводить разработку, критический анализ металлургических процессов и оценку работы технологического оборудования для их реализации;
- управлять технологическим обеспечением заготовительного производства;
- руководить технологическим подразделением предприятия;
- выбирать и применять методы моделирования металлургических процессов; разрабатывать и реализовывать технологические процессы заготовительного производства;
- разрабатывать проекты реконструкции действующих и строительства новых цехов, промышленных агрегатов и оборудования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Прикладная термодинамика и кинетика» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах:

- Б1.Б.4 «Основы научных исследований»;
- Б1.Б.8 «Современные проблемы металлургии».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин:

- Б1.В.ОД.6 «Теория и практика поиска новых технических решений»;
- Б1.В.ОД.8 «Моделирование и оптимизация процессов металлургии»;

- Б1.В.ДВ.1.2 «Физическое и математическое моделирование в металлургии»;
- Б2.У.1 Ознакомительная практика;
- Б2.П.1 Практика решения задач профессиональной деятельности организационно-управленческого типа;
- Б2.П.2; Б2П.3 Научно-исследовательская работа;
- Б2П.4 Преддипломная практика;
- выполнение выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Прикладная термодинамика и кинетика» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учётом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Прикладная термодинамика и кинетика» направлен на формирование элементов профессиональной компетенции в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки: 22.04.02 «Металлургия»: ОПК1, ОПК-4 (табл. 1).

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплиной

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплиной			
	1	2	3	4
Код компетенции ОПК-1				
Б1.Б.6 Прикладная термодинамика и кинетика	+			
Б1.Б.8 Современные проблемы металлургии	+			
Б1.Б.9 Основы профессиональной коммуникации		+		
Б3.Д.1 Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы				+
Код компетенции ОПК-4				
Б1.Б.4 Основы научных исследований	+			
Б1.Б.6 Прикладная термодинамика и кинетика	+			
Б1.Б.8 Современные проблемы металлургии	+			
Б1.Б.3 Информационные технологии в металлургии		+		
Б1.Б.9 Основы профессиональной коммуникации		+		
Б3.Д.1 Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы				+

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 2.

**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			Трудовая функция	Оценочные средства	
						Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ОПК-1. Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии	ИОПК-1.1. Представляет адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов математических и естественных наук для использования при решении научно-технических задач.	Знать: - основы прикладной термодинамики и кинетики для решения конкретных задач металлургического производства.	Уметь: - применять фундаментальные знания прикладной термодинамики и кинетики для решения задач в профессиональной деятельности.	Владеть: навыками решения производственных задач с применением фундаментальных знаний прикладной термодинамики и кинетики.		Практические задания	Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов)
	ИОПК-1.2. Использует фундаментальные знания профессиональной деятельности для решения конкретных задач металлургического производства.					Банк вопросов	
	ИОПК-1.3. Различает содержание естественнонаучных и математических дисциплин, составляющих теоретическую основу модулей про-					Банк вопросов	

	фильной подготовки.						
ОПК-4. Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	ИОПК-4.1. Находит, анализирует и отбирает необходимую информацию, организовывает, преобразует, сохраняет и передает ее.	Знать: - основные правила поиска и отбора информации, используя прикладную термодинамику и кинетику.	Уметь: - использовать правила преобразования и хранения информации, используя прикладную термодинамику и кинетику.	Владеть: - навыками профессиональной деятельности, связанной с анализом, синтезом и сравнением информации, используя прикладную термодинамику и кинетику.		Практические задания	Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов)
	ИОПК-4.2. Стремится к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала; совершенствует и развивает свой интеллектуальный и профессиональный уровень в течение всей жизни.					Банк вопросов	
	ИОПК-4.3. Применяет основные правила поиска и отбора информации, методы использования информации для подготовки и принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности.					Банк вопросов	

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед., 144 часа, распределение часов по видам работ 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
		1 курс
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. занятия и др.)	10	10
лабораторные работы (ЛР)	-	-
1.2. Внеаудиторная, в том числе	6	6
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	-	-
текущий контроль, консультации по дисциплине	3	3
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	3	3
2. Самостоятельная работа (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.)	114	114
Подготовка к экзамену (контроль)	9	9
Подготовка к зачёту/ зачёту с оценкой (контроль)	-	-

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

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанно- го электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
4 семестр									
ОПК-1 ОПК-4	Раздел 1 Основы технической термодинамики								
	Тема 1.1 Введение	0,5			8	Подготовка к лек- циям [1]			
	Тема 1.2 Термодинамические пара- метры состояния	0,5			7	Подготовка к лек- циям [1]			
	Тема 1.3 Уравнение состояния газа	0,5			7	Подготовка к лек- циям [1]			
	Практическое занятие Термодинамические параметры со- стояния Уравнение состояния газа			2	7	Подготовка прак- тическому заня- тию [1]	Выполнение прак- тического расчѐт- ного задания		
	Тема 1.4 Универсальное уравнение состояния	0,5			7	Подготовка к лек- циям [1]			
	Тема 1.5 Уравнение состояния ре- ального газа. Смесь газов.	0,5			7	Подготовка к лек- циям [1]			
	Практическое занятие Универсальное уравнение состояния Уравнение состояния реального газа. Смесь газов			2	7	Подготовка прак- тическому заня- тию [1]	Выполнение прак- тического расчѐт- ного задания		
	Работа по освоению 1 раздела:								
	реферат, эссе (тема)								
	расчѐтно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								
	Итого по 1 разделу	2,5		4	50				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанно- го электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Раздел 2 Первый закон термодинамики								
	Тема 2.1 Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Работа	0,5			8	Подготовка к лекциям [1]			
	Тема 2.2 Аналитическое выражение 1 закона термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Энтальпия. Теплоемкость газа и газовых смесей.	0,5			6	Подготовка к лекциям [1]			
	Тема 2.3 Теплоемкости Ср и Сv. Уравнение Майера, энтропия, T-S диаграмма. Политропный процесс, как обобщающий процесс идеальных газов.	0,2 5			6	Подготовка к лекциям [1]			
	Практическое занятие Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Работа. Аналитическое выражение 1 закона термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Энтальпия. Теплоемкость газа и газовых смесей			2	6	Подготовка практическому занятию [1]	Выполнение практического расчётного задания		
	Практическое занятие Теплоемкости Ср и Сv. Уравнение Майера, энтропия, T-S диаграмма. Политропный процесс, как обобщающий процесс идеальных газов.			1	6	Подготовка практическому занятию [1]	Выполнение практического расчётного задания		
	Работа по освоению 2 раздела:								
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанно- го электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Итого по 2 разделу	1,2 5		3	32				
	Раздел 3 Второй закон термодинамики								
	Тема 3.1 Второй закон термодинамики	0,2 5			4	Подготовка к лекциям [1]			
	Тема 3.2 Энтропия	0,2 5			4	Подготовка к лекциям [1]			
	Тема 3.3 Аналитическое выражение 2 закона термодинамики	0,2 5			4	Подготовка к лекциям [1]			
	Практическое занятие Второй закон термодинамики Энтропия Аналитическое выражение 2 закона термодинамики			2	4	Подготовка практическому занятию [1]	Выполнение практического расчётного задания		
	Работа по освоению 3 раздела:								
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								
	Итого по 3 разделу	0,7 5		2	16				
	Раздел 4 Термодинамические процессы, циклы								
	Тема 4.1 Круговые процессы или циклы. Термический КПД цикла. Цикл Карно.	0,25			6	Подготовка к лекциям [1]			
	Тема 4.2 Абсолютная термодинамическая температура. Термодинами-	0,25			5	Подготовка к лекциям [1]			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанно- го электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	ческие потенциалы.								
	Практическое занятие Круговые процессы или циклы. Термический КПД цикла. Цикл Кар- но.			1	5	Подготовка прак- тическому заня- тию [1]	Выполнение прак- тического расчёт- ного задания		
	Работа по освоению 4 раздела:								
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								
	Итого по 4 разделу	0,5		1	16				
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	5		10	114				
	ИТОГО по дисциплине	5		10	114				

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

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

Примеры тематик для дискуссий:

1. Термодинамический анализ процесса диссоциации оксидов и карбонатов. Влияние взаимного растворения конденсированных фаз и их диспергирования на величину упругости диссоциации.
2. Механизм и кинетика высокотемпературного окисления железа.
3. Механизм и кинетика горения водорода.
4. Термодинамический анализ процессов восстановления железа из оксидов газообразными восстановителями и углеродом.
5. Механизм и кинетика восстановления твердых оксидов.
6. Современные представления о строении жидких шлаков.
7. Структурно-чувствительные свойства шлаков. Вязкость и удельная электропроводность, их зависимость от состава и температуры.
8. Равновесное распределение кислорода и серы между металлом и шлаком.
9. Основы кинетического анализа реакций взаимодействия между металлом и шлаком.
10. Общая характеристика процессов раскисления. Способы раскисления. Раскислительная способность элементов.

Примеры творческих индивидуальных заданий:

1. Определить равновесный состав газовой смеси H_2 - O_2 - H_2O при температуре 700°C , если исходные парциальные давления газов в закрытой системе составляли 0,333 атм.
2. Определить равновесный состав газовой смеси CO - O_2 - CO_2 при температуре 800°C , если исходные парциальные давления газов в системе составляли: $\text{CO} - 0,5$ атм, $\text{O}_2 - 0,3$ атм, $\text{CO}_2 - 0,2$ атм.
3. Рассчитать равновесный состав газовой фазы, полученной взаимодействием водорода с кислородом воздуха при 1500 К и давлении, равном 1 атм, если воздух взят в количестве, соответствующем стехиометрическому соотношению между кислородом и водородом.
4. Рассчитать равновесный состав газовой фазы, образующейся по реакции $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$ при взаимодействии угля со смесью 80% N_2 и 20% CO_2 при температуре 1000 К и атмосферном давлении.
5. Рассчитать равновесный состав газовой фазы, полученной по реакции $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ при взаимодействии графита с воздухом при температуре 900 К и постоянном давлении 1 атм.
6. Определить термодинамические факторы равновесного состояния окислительно-восстановительных реакций в расплаве стали.

Примеры кейс-проблемных групповых заданий:

1. Определить влияние окислительного потенциала и условия протекания процессов окисления компонентов сплава.
2. Рассчитать параметры процесса суспензионной заливки.

3. Провести термодинамический анализ условий модифицирования.

Комплект оценочных материалов для промежуточной аттестации.

Комплект оценочных материалов для проведения промежуточной аттестации в форме зачета с оценкой включает в себя:

- тестовые профессиональные задачи, привязанные к тематике будущей выпускной квалификационной работы и индивидуальному плану работы магистранта;
- контрольные вопросы.

Примеры тестовых профессиональных задач:

1. Расчёт константы равновесия химической реакции.
1. Влияние стандартного состояния на величину константы равновесия.
2. Расчёт теплового эффекта реакции при заданной температуре.
3. Применение закона действующих масс к расчёту равновесного состава гомогенных фаз.
4. Пересчёт с одного стандартного состояния на другое при вычислении активности компонента сплава.

Контрольные вопросы по дисциплине «Прикладная термодинамика и кинетика», используемые на этапах текущей (для обсуждения на занятиях) и промежуточной аттестации (на экзамене):

1. Элементы термодинамики, первый закон термодинамики.
2. Приложение первый закона термодинамики к различным процессам
3. Вычисление внутренней энергии и энтальпии вещества.
4. Правило Гесса.
5. Второй закон термодинамики.
6. Свободная энергия и свободная энтальпия.
7. Химический потенциал.
8. Тепловая теорема Нернса.
9. Равновесие в однородной фазе.
10. Сравнение Клаузиуса-Клайперона.
11. Правило фаз.
12. Равновесие химических реакций.
13. Значение теории гомогенных и гетерогенных процессов для физико-химического анализа и расчета термодинамических и кинетических закономерностей металлургических систем и процессов.
14. Общая характеристика высокотемпературных газовых атмосфер.
15. Термодинамический анализ взаимодействия в гомогенных газовых фазах.
16. Термодинамика взаимодействия углерода с газообразными окислителями.
17. Термодинамический анализ процессов взаимодействия металлов с кислородом.
18. Зависимость константы равновесия от температуры.
19. Влияние фазовых превращений металла и оксида, взаимной растворимости конденсированных веществ на величину упругости диссоциации.
20. Анализ диаграммы состояния металл-кислород на примере системы железо-кислород и особенности диссоциации оксидов в этой системе.

21. Принцип последовательности превращений при диссоциации оксидов железа.
22. Кинетика окисления твердых металлов.
23. Роль диффузии реагентов через окалину и кристаллохимического превращения на границе металл-оксид.
24. Кинетический и диффузионный режим реакции.
25. Влияние температуры на скорость окисления.
26. Коэффициенты активности и их применение в практических расчетах.
27. Раскисление металла, образование и удаление неметаллических включений.
28. Раскислительная способность элементов.
29. Общая характеристика процессов раскисления. Способы раскисления.
30. Выбор легирующих элементов при создании жаростойких сплавов.
31. Кинетика процесса диссоциации, особенности кристаллохимического превращения.
32. Влияние измельчения твердых фаз на термодинамические и кинетические характеристики процесса.
33. Термодинамический анализ реакций горения водорода и оксида углерода, взаимодействия газов-окислителей (O_2 , CO_2) с твердым углеродом.
34. Зависимость равновесного состава газовой фазы от температуры и давления.
35. Кинетика горения газов.
36. Тепловые явления в процессе взаимодействия углерода и кислорода.
37. Термодинамика, механизм и кинетика диссоциации соединений.
38. Механизм и кинетика восстановительных процессов в системах $Me-H-O$; $Me-C-O$.
39. Влияние различных факторов на кинетику процессов восстановления.
40. Термодинамика модифицирования.
41. Сравнение и классификация способов модифицирования.
42. Барботажная обработка чугуна сжатым воздухом.
43. Окисление элементов, входящих в состав расплава при продувке сжатым воздухом.
44. Термодинамика процесса.
45. Способы ввода микрохолодильников.
46. Расчеты параметров процесса.
47. Общая теория прочности.
48. Термодинамика газового окисления металлов без образования растворов.
49. Рост и образование оксидной пленки.
50. Рост и образование защитной пленки.
51. Окисление металлов с образованием растворов.
52. Кислород в расплавах железа.
53. Поверхностное легирование отливок.
54. Термодинамический механизм процесса.
55. Анализ явлений поверхностного легирования.
56. Пригар, причины его образования

57. Применение первого закона термодинамики к различным процессам, расчет тепловых эффектов.
58. Вычисление изменения энтропии и энергии Гиббса в различных процессах. Связь энергии Гиббса и константы равновесия.
59. Термодинамический расчет константы равновесия химической реакции.
60. Расчет активностей компонентов металлургических шлаков.
61. Расчеты равновесий в металлических растворах.
62. Анализ фазовых равновесий с помощью диаграмм состояния. Термодинамика диаграмм состояния.
63. Особенности диффузионных процессов. Закон Фика.
64. Коэффициент диффузии. Зависимость скорости реакции от температуры, энергия активации.
65. Кинетическое уравнение стадии ускорения реакции.
66. Уравнение Аврами - Ерофеева, определение констант уравнения.
67. Образование барьерного слоя продукта на частицах сферической формы. Уравнения Лидера, Броунштейна-Гинстлинга.
68. Основные положения теории кристаллизации жидкостей, термодинамика зародышеобразования. Радиус критического зародыша.
69. Скорость зарождения центров кристаллизации. Линейная скорость кристаллизации.
70. Кривые Таммана.

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

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов. Критерии выставления оценок по традиционной четырехбалльной системе представлены в таблице 6.

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 тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ОПК-1. Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии	ИОПК-1.1. Представляет адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов математических и естественных наук для использования при решении научно-технических задач. ИОПК-1.2. Использует фундаментальные знания профессиональной деятельности для решения конкретных задач металлургического производства. ИОПК-1.3. Различает содержание естественных и математических дисциплин, составляющих теоретическую основу модулей профильной подготовки.	Задача решена менее чем на 50% Студент не способен эффективно применить знания основных положений учебной дисциплины только в решении наиболее часто встречающихся проблем в конкретной области. Студент способен к решению некоторых практических задач из числа предусмотренных рабочей программой, но слабо знаком с рекомендованной справочной литературой.	Задача решена более чем на 50%. Продemonстрированы знания основных положений учебной дисциплины только в решении наиболее часто встречающихся проблем в конкретной области, умения решать конкретные практические задачи из числа предусмотренных рабочей программой, студент знаком с рекомендованной справочной литературой.	Задача решена более чем на 75%. Студент способен обрабатывать, анализировать и синтезировать предложенную информацию, выбрать метод решения проблемы и решить ее. Допускает единичные ошибки в решении проблем, испытывает сложности в редко встречающихся или сложных случаях решения проблем. Способен самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты расчетов или эксперимента.	Задача решена более чем на 90%. Студент свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками ее анализа и синтеза, знает все основные методы решения проблем, предусмотренные учебной программой, знает типичные ошибки и возможные сложности при решении и способен выбрать и эффективно применить адекватный метод решения конкретной проблемы. Уверенно решает конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использует справочную литературу, делает обоснованные выводы из результатов расчетов или экспериментов

ОПК-4. Способен находить и перерабатывать информацию, требующую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	ИОПК-4.1. Находит, анализирует и отбирает необходимую информацию, организывает, преобразует, сохраняет и передает ее. ИОПК-4.2. Стремится к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала; совершенствует и развивает свой интеллектуальный и профессиональный уровень в течение всей жизни. ИОПК-4.3. Применяет основные правила поиска и отбора информации, методы использования информации для подготовки и принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности.	Задача решена менее чем на 50% Студент не способен эффективно применить знания основных положений учебной дисциплины только в решении наиболее часто встречающихся проблем в конкретной области. Студент способен к решению некоторых практических задач из числа предусмотренных рабочей программой, но слабо знаком с рекомендованной справочной литературой.	Задача решена более чем на 50%. Продemonстрированы знания основных положений учебной дисциплины только в решении наиболее часто встречающихся проблем в конкретной области, умения решать конкретные практические задачи из числа предусмотренных рабочей программой, студент знаком с рекомендованной справочной литературой.	Задача решена более чем на 75%. Студент способен обрабатывать, анализировать и синтезировать предложенную информацию, выбрать метод решения проблемы и решить ее. Допускает единичные ошибки в решении проблем, испытывает сложности в редко встречающихся или сложных случаях решения проблем. Способен самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты расчетов или эксперимента.	Задача решена более чем на 90%. Студент свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками ее анализа и синтеза, знает все основные методы решения проблем, предусмотренные учебной программой, знает типичные ошибки и возможные сложности при решении и способен выбрать и эффективно применить адекватный метод решения конкретной проблемы. Уверенно решает конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использует справочную литературу, делает обоснованные выводы из результатов расчетов или экспериментов
---	--	--	---	---	--

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

№ п/п	Наименование издания	Количество в библиотеке
1	Беляев С.В. Основы теории металлургических процессов: Учеб.пособие/ С.В. Беляев, В.А. Героцкий; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород: [Б.и.], 2015. - 119 с.	4
2	Шишулина А.В. Направленность и равновесие в химических системах [Электронные текстовые данные] : Учеб.пособие / А.В. Шишулина, А.С. Белоусов. - Н.Новгород : [Изд-во НГТУ], 2019. - 93 с.	1
3	Физико-химические основы литейного производства [Электронные текстовые данные] : Учеб.пособие / Т.А. Дурина. - Пенза : Изд-во ПГУ, 2009. - 138 с.	1

6.2. Справочно-библиографическая литература

№ п/п	Наименование издания	Количество в библиотеке
4	Гладких И.В. Эксплуатация, обслуживание промышленных печей и энергосбережение: Учеб.пособие/ И.В. Гладких, А.В. Володин, В.А. Братухин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород: [Изд-во НГТУ], 2018. - 115 с.	3
5	Гущин В.Н. Общая теория печей: типовые расчёты : Учеб.пособие/ В.Н. Гущин, В.А. Володин, В.А. Братухин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород: [Б.и.], 2015. - 182 с.	8
6	Огнеупорные, теплоизоляционные и строительные материалы для печей: Учеб.пособие/ М.А. Ларин [и др.]; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород: [Б.и.], 2015. - 147 с.	7

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

№пп	Наименование издания	Количество в библиотеке
7	Подготовка и защита выпускной квалификационной работы бакалавра: учебно-методическое пособие для студентов-бакалавров направления подготовки 22.03.02 – «Металлургия» всех форм обучения / НГТУ им. Р.Е.Алексеева; сост.: И.О. Леушин, Т.Д. Курилина, А.Н. Грачев, А.В. Нищенков. – Нижний Новгород, 2021. - 38 с.	10

6.4. Перечень журналов по профилю дисциплины

- 1 «Литейное производство»- <http://i.uran.ru/webcab/journals/journals>;
- 2 «Литейщик России» - <http://www.ruscastings.ru/work/396/6988>;
- 3 «Инженерное образование» - <http://www.aeer.ru/ru/magazin.htm>;
- 4 «Заготовительные производства в машиностроении» - https://www.mashin.ru/eshop/journals/zagotovitel_nye_proizvodstva_v_mashinostroenii/;
- 5 «Известия вузов. Черная металлургия» - <https://fermet.misis.ru/jour>;
- 6 «Известия вузов. Цветная металлургия» - <https://cvmet.misis.ru/jour>;
- 7 «Черные металлы» - <https://www.rudmet.ru/catalog/journals/5/>

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. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
6. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.
7. Федеральный портал. Российское образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.edu.ru/> – Загл. с экрана.
8. Российский образовательный портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.school.edu.ru/default.asp> – Загл. с экрана.
9. «Инжиниринг» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.enginrussia.ru> – Загл. с экрана.
10. Университетские сети знаний [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.unicor.ru> – Загл. с экрана.
11. Федеральный образовательный портал. Инженерное образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.techno.edu.ru> – Загл. с экрана.
12. Портал для студентов для поиска информации по изучаемым дисциплинам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.twirpx.com> – Загл. с экрана.
13. Образовательный математический сайт [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.exponenta.ru – Загл. с экрана.
14. Портал «Металлург» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.bestmetallurg.narod.ru – Загл. с экрана.
15. Портал Российской Ассоциации Литейщиков [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.ruscastings.ru – Загл. с экрана.

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Таблица 7 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	2	3
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/
4	TNT-ebook	https://www.tnt-ebook.ru/

В таблице 8 указан перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Таблица 8 – Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	2
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare)
Microsoft Office (лицензия № 43178972)	
Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135)	
Антивирус Dr.Web (с/н 758S-TDJP-N7H8-ZH2F от 20.05.2025)	
КонсультантПлюс (Договор № 28-13/16-313 от 27.12.16)	

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.

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
2	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	http://www.ncva.ru
3	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети

4	Информационно-справочная система «Техэксперт»	доступ из локальной сети
---	---	--------------------------

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.nntu.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 индивидуально-го пользования
1	2	3
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, состав которых определен в данном разделе.

В таблице 11 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые должны оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГТУ.

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

№	Наименование	Оснащенность ауди-	Перечень лицензионного
---	--------------	--------------------	------------------------

	аудиторий и помещений для самостоятельной работы	торий помещений и помещений для самостоятельной работы	программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	2	3	4
1	а. 3.204. Учебная лаборатория (для проведения занятий лабораторного и практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Металлургические технологии и оборудование")	1. Микроскоп Altami MET 3MT 2. Установка плавильная индукционная УПИ-120-2. 3. Установка плавильная индукционная вакуумная ЛК140-2.	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level; номер лицензии 44804588; дата выдачи 15.11.2008; авторизационный номер лицензиата 64795440ZZE1011. - Антивирус Dr.Web (с/н 758S-TDJP-N7H8-ZH2F от 20.05.2025)
2	а. 3217. Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Металлургические технологии и оборудование")	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. Лабораторный учебный стенд "Автоматика и управление" 8. Термическая печь	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level; номер лицензии 44804588; дата выдачи 15.11.2008; авторизационный номер лицензиата 64795440ZZE1011. - Операционная система Windows XP(×32); лицензия MSDN Academic Alliance, ID: 700493612, Shipping information Vladimir Reshetov. - Антивирус Dr.Web (с/н 758S-TDJP-N7H8-ZH2F от 20.05.2025) - SIKE.Конструкция ДСП retail; - SIKE.Конструкция АПК retail.

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:

- проектные технологии;
- разбор конкретных ситуаций.

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.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

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:

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

10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций 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 дисциплины;
- подведение итогов занятий 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.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Примеры тематик для дискуссий:

1. Термодинамический анализ процесса диссоциации оксидов и карбонатов. Влияние взаимного растворения конденсированных фаз и их диспергирования на величину упругости диссоциации.
2. Механизм и кинетика высокотемпературного окисления железа.
3. Механизм и кинетика горения водорода.
4. Термодинамический анализ процессов восстановления железа из оксидов газообразными восстановителями и углеродом.
5. Механизм и кинетика восстановления твердых оксидов.
6. Современные представления о строении жидких шлаков.
7. Структурно-чувствительные свойства шлаков. Вязкость и удельная электропроводность, их зависимость от состава и температуры.
8. Равновесное распределение кислорода и серы между металлом и шлаком.
9. Основы кинетического анализа реакций взаимодействия между металлом и шлаком.
10. Общая характеристика процессов раскисления. Способы раскисления. Раскислительная способность элементов.

Примеры творческих индивидуальных заданий:

1. Определить равновесный состав газовой смеси H_2 - O_2 - H_2O при температуре 700°C , если исходные парциальные давления газов в закрытой системе составляли 0,333 атм.
2. Определить равновесный состав газовой смеси CO - O_2 - CO_2 при температуре 800°C , если исходные парциальные давления газов в системе составляли: CO – 0,5 атм, O_2 – 0,3 атм, CO_2 – 0,2 атм.

3. Рассчитать равновесный состав газовой фазы, полученной взаимодействием водорода с кислородом воздуха при 1500 К и давлении, равном 1 атм, если воздух взят в количестве, соответствующем стехиометрическому соотношению между кислородом и водородом.

4. Рассчитать равновесный состав газовой фазы, образующейся по реакции $C + CO_2 = 2CO$ при взаимодействии угля со смесью 80% N_2 и 20% CO_2 при температуре 1000 К и атмосферном давлении.

5. Рассчитать равновесный состав газовой фазы, полученной по реакции $C + O_2 = CO_2$ при взаимодействии графита с воздухом при температуре 900 К и постоянном давлении 1 атм.

6. Определить термодинамические факторы равновесного состояния окислительно-восстановительных реакций в расплаве стали.

Примеры кейс-проблемных групповых заданий:

4. Определить влияние окислительного потенциала и условия протекания процессов окисления компонентов сплава.

5. Рассчитать параметры процесса суспензионной заливки.

6. Провести термодинамический анализ условий модифицирования.

Комплект оценочных материалов для промежуточной аттестации.

Комплект оценочных материалов для проведения промежуточной аттестации в форме зачета с оценкой включает в себя:

- тестовые профессиональные задачи, привязанные к тематике будущей выпускной квалификационной работы и индивидуальному плану работы магистранта;

- контрольные вопросы.

Примеры тестовых профессиональных задач:

2. Расчёт константы равновесия химической реакции.

5. Влияние стандартного состояния на величину константы равновесия.

6. Расчёт теплового эффекта реакции при заданной температуре.

7. Применение закона действующих масс к расчёту равновесного состава гомогенных фаз.

8. Пересчёт с одного стандартного состояния на другое при вычислении активности компонента сплава.

Контрольные вопросы по дисциплине «Прикладная термодинамика и кинетика», используемые на этапах текущей (для обсуждения на занятиях) и промежуточной аттестации (на экзамене):

71. Элементы термодинамики, первый закон термодинамики.

72. Приложение первого закона термодинамики к различным процессам

73. Вычисление внутренней энергии и энтальпии вещества.

74. Правило Гесса.

75. Второй закон термодинамики.

76. Свободная энергия и свободная энтальпия.

77. Химический потенциал.

78. Тепловая теорема Нернса.

79. Равновесие в однородной фазе.

80. Сравнение Клаузиуса-Клайперона.

81. Правило фаз.
82. Равновесие химических реакций.
83. Значение теории гомогенных и гетерогенных процессов для физико-химического анализа и расчета термодинамических и кинетических закономерностей металлургических систем и процессов.
84. Общая характеристика высокотемпературных газовых атмосфер.
85. Термодинамический анализ взаимодействия в гомогенных газовых фазах.
86. Термодинамика взаимодействия углерода с газообразными окислителями.
87. Термодинамический анализ процессов взаимодействия металлов с кислородом.
88. Зависимость константы равновесия от температуры.
89. Влияние фазовых превращений металла и оксида, взаимной растворимости конденсированных веществ на величину упругости диссоциации.
90. Анализ диаграммы состояния металл-кислород на примере системы железо-кислород и особенности диссоциации оксидов в этой системе.
91. Принцип последовательности превращений при диссоциации оксидов железа.
92. Кинетика окисления твердых металлов.
93. Роль диффузии реагентов через окалину и кристаллохимического превращения на границе металл-оксид.
94. Кинетический и диффузионный режим реакции.
95. Влияние температуры на скорость окисления.
96. Коэффициенты активности и их применение в практических расчетах.
97. Раскисление металла, образование и удаление неметаллических включений.
98. Раскислительная способность элементов.
99. Общая характеристика процессов раскисления. Способы раскисления.
100. Выбор легирующих элементов при создании жаростойких сплавов.
101. Кинетика процесса диссоциации, особенности кристаллохимического превращения.
102. Влияние измельчения твердых фаз на термодинамические и кинетические характеристики процесса.
103. Термодинамический анализ реакций горения водорода и оксида углерода, взаимодействия газов-окислителей (O_2 , CO_2) с твердым углеродом.
104. Зависимость равновесного состава газовой фазы от температуры и давления.
105. Кинетика горения газов.
106. Тепловые явления в процессе взаимодействия углерода и кислорода.
107. Термодинамика, механизм и кинетика диссоциации соединений.
108. Механизм и кинетика восстановительных процессов в системах $Me-H-O$; $Me-C-O$.
109. Влияние различных факторов на кинетику процессов восстановления.
110. Термодинамики модифицирования.
111. Сравнение и классификация способов модифицирования.
112. Барботажная обработка чугуна сжатым воздухом.

113. Окисление элементов, входящих в состав расплава при продувке сжатым воздухом.
114. Термодинамика процесса.
115. Способы ввода микрохолодильников.
116. Расчеты параметров процесса.
117. Общая теория прочности.
118. Термодинамика газового окисления металлов без образования растворов.
119. Рост и образование оксидной пленки.
120. Рост и образование защитной пленки.
121. Окисление металлов с образованием растворов.
122. Кислород в расплавах железа.
123. Поверхностное легирование отливок.
124. Термодинамический механизм процесса.
125. Анализ явлений поверхностного легирования.
126. Пригар, причины его образования
127. Применение первого закона термодинамики к различным процессам, расчет тепловых эффектов.
128. Вычисление изменения энтропии и энергии Гиббса в различных процессах. Связь энергии Гиббса и константы равновесия.
129. Термодинамический расчет константы равновесия химической реакции.
130. Расчет активностей компонентов металлургических шлаков.
131. Расчеты равновесий в металлических растворах.
132. Анализ фазовых равновесий с помощью диаграмм состояния. Термодинамика диаграмм состояния.
133. Особенности диффузионных процессов. Закон Фика.
134. Коэффициент диффузии. Зависимость скорости реакции от температуры, энергия активации.
135. Кинетическое уравнение стадии ускорения реакции.
136. Уравнение Аврами - Ерофеева, определение констант уравнения.
137. Образование барьерного слоя продукта на частицах сферической формы. Уравнения Лидера, Броунштейна-Гинстлинга.
138. Основные положения теории кристаллизации жидкостей, термодинамика зародышеобразования. Радиус критического зародыша.
139. Скорость зарождения центров кристаллизации. Линейная скорость кристаллизации.
140. Кривые Таммана.

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «**Прикладная термодинамика и кинетика**»
ОП ВО по направлению 22.04.02 «*Металлургия*»,
программа «Металлургические процессы и ресурсосбережение»
(квалификация выпускника – магистр)

Володиным Анатолием Вячеславовичем, генеральным директором ПАО «Нормаль» (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «**Прикладная термодинамика и кинетика**» ОП ВО по направлению 22.04.02 «*Металлургия*», программа «Металлургические процессы и ресурсосбережение» (магистратура) разработанной в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», на кафедре «Металлургические технологии и оборудование» (разработчик – Ларин М.А., доцент).

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

Программа *соответствует* требованиям ФГОС ВО по направлению 22.04.02 «*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 ФГОСВО направления 22.04.02 «*Металлургия*».

В соответствии с Программой за дисциплиной «**Прикладная термодинамика и кинетика**» закреплены *компетенции ОПК-1, ОПК-4*. 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 «**Прикладная термодинамика и кинетика**» составляет 4 зачётных единиц (144 часов). Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин *соответствует* действительности. Дисциплина «**Прикладная термодинамика и кинетика**» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 22.04.02 «*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 «**Прикладная термодинамика и кинетика**» предполагает не менее 50% занятий в интерактивной форме.

Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, *соответствуют* требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 22.04.02 «*Металлургия*».

Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (коллективное решение творческих задач, обсуждение отдельных вопросов, круглый стол 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 22.04.02 «*Металлургия*».

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

Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 3 источников (базовые учебники), дополнительной литературой – 3 наименований, периодиче-

скими изданиями – 7, источников со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 15 и *соответствует* требованиям ФГОСВО направления 22.04.02 «Металлургия».

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «**Прикладная термодинамика и кинетика**» 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 «**Прикладная термодинамика и кинетика**».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «**Прикладная термодинамика и кинетика**» ОПОП ВО по направлению 22.04.02 «Металлургия», программа «*Металлургические процессы и ресурсосбережение*» (квалификация выпускника – *магистр*), разработанная Лариным Михаилом Африкановичем, доцентом, соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент:

Володин А.В., генеральный директор ПАО «Нормаль»

20 января 2025г.