

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**СТАРООСКОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.А. УГАРОВА**  
(филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»  
**СТИ НИТУ «МИСИС»**

Рабочая программа утверждена  
решением Ученого совета  
СТИ НИТУ «МИСИС»  
от «24» июня 2025 г.  
протокол № 26

**Рабочая программа дисциплины**

**Прикладная термодинамика и кинетика  
металлургических процессов**

Закреплена за кафедрой **Кафедра металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой**  
Направление подготовки 22.04.02 Металлургия  
Профиль Инновационные процессы и технологический менеджмент в металлургии

Квалификация **Магистр**  
Форма обучения **Очная**  
Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108  
в том числе:  
аудиторные занятия 34  
самостоятельная работа 38  
часов на контроль 36

Формы контроля в семестрах:  
экзамен1

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	1		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Вид занятий				
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Контактная работа	34	34	34	34
Самостоятельная работа	38	38	38	38
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	108	108	108	108

Год набора 2025 г.

Программу составил(и):  
доцент, кандидат технических наук, доцент  
Сазонов Александр Васильевич

  
\_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины

---

**Прикладная термодинамика и кинетика металлургических процессов**

---

Разработана в соответствии с ОС ВО НИТУ «МИСИС»:  
Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.04.02 Металлургия (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана 2025 года набора:  
22.04.02 Металлургия,  
Профиль: Инновационные процессы и технологический менеджмент в металлургии, утвержденного Ученым советом  
СТИ НИТУ «МИСИС» 24.06.2025 г., протокол № 26

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры  
Металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой

---

Протокол от «05» июня 2025 г. № 8

Зав. кафедрой ММ им. С.П. Угаровой

«05» июня 2025 г.

  
\_\_\_\_\_

А.В. Сазонов

Руководитель ОПОП ВО  
зав. кафедрой ММ им. С.П. Угаровой, кандидат технических наук, доцент

«05» июня 2025 г.

  
\_\_\_\_\_

А.В. Сазонов

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ
<p>Цель освоения дисциплины – подготовка обучающихся в области прикладных термодинамических и кинетических закономерностей при протекании основных металлургических процессов, формирование у обучающихся способности к термодинамическому и кинетическому анализу металлургических процессов, с решением конкретных прикладных физико-химических задач, возникающих при разработке, освоении и использовании современных металлургических технологий</p> <p>Задачи дисциплины:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- научить обучающихся использовать основные законы и понятий физической химии и термодинамики для прикладных расчетов и анализа термодинамических и кинетических закономерностей процессов, протекающих в металлургических системах, разработке на этой основе технологических рекомендаций, направленных на повышение эффективности производства и качества продукции</li> </ul>

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.О
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Знания, умения и навыки, полученные на предыдущем уровне образования (ВО бакалавриат)
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Современные проблемы металлургии и материаловедения
2.2.2	Современная теория и технология производства полупродукта
2.2.3	Современная теория и технология внепечной обработки и разлива стали
2.2.4	Прогрессивные технологии и материалы в черной металлургии
2.2.5	Энерго- и ресурсосбережение в черной металлургии
2.2.6	Совершенствование объектов и технологий при производстве стали
2.2.7	Оптимизация технологических процессов при производстве стали
2.2.8	Технологии производства "чистых сталей"
2.2.9	Проблемы металлургического качества стали
2.2.10	Современные тенденции развития электросталеплавильного производства в России и мире
2.2.11	Инновации в электросталеплавильном производстве
2.2.12	Научно-исследовательская работа 1
2.2.13	Научно-исследовательская работа 2
2.2.14	Научно-исследовательская работа 3
2.2.15	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.16	Инновации в производстве металлургического сырья
2.2.17	Физико-химические расчеты восстановительных процессов

3. ИНДИКАТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, СОВМЕЩЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии</b>	
<b>Знать:</b>	ОПК-1-31 Основные термодинамические и кинетические закономерности протекания явлений в различных металлургических процессах с целью решения производственных задач
<b>Уметь:</b>	ОПК-1-У1 Решать производственные и исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний по различным прикладным термодинамическим и кинетическим закономерностям и явлениям протекания процессов применительно к металлургии
<b>Владеть:</b>	ОПК-1-В1 Необходимыми навыками по решению производственных задач с целью повышения эффективности протекания основных металлургических процессов
<b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях</b>	
<b>Знать:</b>	ОПК-5-31 Основные тенденции научных исследований в области термодинамики и кинетики металлургических процессов при осуществлении различных металлургических процессов
<b>Уметь:</b>	ОПК-5-У1 Систематизировать и обобщать новые результаты научных исследований в области термодинамики и кинетики металлургических процессов
<b>Владеть:</b>	ОПК-5-В1 Навыками оценки результатов новых научно-технических разработок и исследований с целью обоснования собственного выбора
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий</b>	
<b>Знать:</b>	УК-1-31 Физико-химические основы реакций горения и их прикладной характер для металлургических процессов, влияние различных энерготехнологических параметров на протекание процесса горения; характер явлений, протекающих при восстановительных процессах в металлургии; процессы и явления, происходящие в металлургических расплавах на основе основных теорий о строении и свойствах металлургических расплавов; основные термодинамические и кинетические основы взаимодействия металлических и шлаковых расплавов с газовой атмосферой сталеплавильных агрегатов УК-1-32 Основные термодинамические и кинетические закономерности при протекании основных металлурги-

	ческих процессов на основе использования соответствующих аналитических и вычислительных (инновационных) методов
<b>Уметь:</b>	УК-1-У1 Характеризовать и анализировать прикладные окислительно-восстановительные процессы в металлургии на основе глубоких знаний и применимости фундаментальных наук для конкретного металлургического процесса УК-1-У2 Анализировать различные металлургические процессы на основе изучения и применимости знаний о прикладных термодинамических и кинетических закономерностях протекания процессов; использовать основные законы физической химии и тепломассопереноса для решения, возникающих в ходе решения производственных и исследовательских задач
<b>Владеть:</b>	УК-1-В1 Навыками решения прикладных задач по тематике дисциплины для различных металлургических систем на основе фундаментальных знаний об особенностях протекания различных металлургических процессов УК-1-В2 Навыками критического анализа накопленной по тематике дисциплины информации на основе системного подхода и полученных знаний и умений
<b>ПК-2: Определение сферы применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ</b>	
<b>Знать:</b>	ПК-2-31 Основные сферы использования и применимости результатов по исследованию термодинамических и кинетических закономерностей протекания различных металлургических процессов с целью их совершенствования
<b>Уметь:</b>	ПК-2-У1 Находить, обобщать и анализировать информацию, ставить цель и выбирать пути её достижения, оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ
<b>Владеть:</b>	ПК-2-В1 Навыками анализа и синтеза информации при работе с научно-технической литературой и технологической документацией при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике дисциплины

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр	Часов	Компетенции	Литература и эл. ресурсы	Примечание
	<b>Раздел 1. Прикладной характер и физико-химические основы реакций горения в металлургии.</b>					
1.1	Термодинамика реакций горения газов. Кислородный потенциал и окислительно-восстановительные свойства газовой фазы. Горение водорода и монооксида углерода. Кислородный потенциал газовых смесей. Горение и конверсия метана. Термодинамика реакций горения твердого углерода. Газификация углерода диоксидом углерода и водяным паром. Взаимодействие углерода с кислородом. Механизмы гомогенных реакций горения. Цепной механизм горения, тепловое воспламенение. Основные положения теории цепных реакций. Механизмы горения водорода, монооксида углерода и метана. Механизмы гетерогенных реакций горения. Структура графита и его взаимодействие с кислородом. Кинетические закономерности горения твердого углерода и с учетом пор: внешнедиффузионный режим, внутреннедиффузионный режим и внешнекинетический режим горения. Влияние различных факторов на характер процесса горения кокса: температура, характер поверхности, пористость, зернистость материала, параметры газового потока. Кинетические особенности взаимодействия твердого углерода с диоксидом углерода и водяным паром. /Лек/	1	3	ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 ПК-2-31 ОПК-1-У1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-1-32	Л 1.1 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.3 Л 2.4 Л 2.7 Л 2.8 Л 2.10	
1.2	Решение прикладных задач по разделу дисциплины «Прикладной характер и физико-химические основы реакций горения в металлургии». /Пр/	1	3	ОПК-1-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-У1 УК-2-У1 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-2-В1 УК-1-У2 УК-1-В2	Л 1.1 Л 1.3 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.6 Л 2.8	
1.3	Усвоение текущего учебного материала /Ср/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 ПК-2-31	Л 1.2 Л 1.3 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4	

				УК-1-32	Л 2.6 Л 2.8	
1.4	Подготовка и оформление практических работ /Ср/	1	2	ОПК-5-У1 УК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.2 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.3 Л 2.5 Л 2.7	
1.6	Подготовка к написанию теоретической части для ДЗ /Ср/	1	1	ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 ПК-2-31 УК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2	Л 1.1 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.3 Л 2.4 Л 2.8 Л 2.10 Л 3.1	
	<b>Раздел 2. Прикладной характер явлений при восстановительных процессах в металлургии</b>					
2.1	Термодинамические особенности реакций восстановления оксидов металлов: общая характеристика окислительно-восстановительных процессов, восстановление оксидов газами и твердым углеродом, восстановление оксидов металлами и при образовании растворов. Восстановление оксидов железа монооксидом углерода, водородом и с участием твердого углерода. Кинетические особенности восстановления оксидов: механизм восстановления оксидов металлов газами, типы взаимодействия восстановителя с оксидами, механизм восстановления оксидов железа, влияние пористости на протекание процессов восстановления, механизм восстановления оксидов твердым углеродом (схемы процесса). Науглероживание металла в процессе восстановления твердым углеродом и газообразными продуктами реакций./Лек/	1	4	ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 ПК-2-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-1-32	Л 1.1 Л 1.3 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.7 Л 2.9 Л 2.10	
2.2	Решение прикладных задач по разделу дисциплины «Прикладной характер явлений при восстановительных процессах в металлургии»/ Пр/	1	4	ОПК-1-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-У1 УК-2-У1 ПК -2-У1 ПК -2-В1 УК-2-В1 УК-1-У2 УК-1-В2	Л 1.3 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.7	
2.3	Усвоение текущего учебного материала /Ср/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 ПК-2-31 УК-1-32	Л 1.3 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.7 Л 2.9 Л 2.10	
2.4	Подготовка и оформление практических работ /Ср/	1	2	ОПК-5-У1 УК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.3 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.7	
2.5	Подготовка к контрольному мероприятию в рамках текущего контроля успеваемости – Раздел 1 и 2 (контрольная работа) /Ср/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 ПК-2-31 УК-1-32	Л 1.3 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.7 Л 2.9 Л 2.10	
2.6	Написание и оформление теоретической части для ДЗ /Ср/	1	3	ОПК-1-В1 ОПК-5-У1	Л 1.1 Л 1.3	

				ОПК-5-В1 УК-1-У1 УК-2-У1 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-У2 УК-1-В2	Л 1.4 Л 2.1 Л 2.3 Л 2.4 Л 2.7 Л 2.8 Л 2.10 Л 3.1	
	<b>Раздел 3. Прикладной характер явлений, происходящих в металлургических расплавах</b>					
3.1	Строение и свойства металлургических шлаков: классификация шлаков, структура твердых шлаков, двойные и тройные диаграммы шлаковых систем, основные свойства жидких шлаков (вязкость, электропроводность, поверхностные свойства, вспенивание шлаков), термодинамические теории о строении шлаковых растворов. Строение и свойства металлических расплавов: структура и строение жидких металлов (дырочная теория Я.И. Френкеля, теория кластеров или сиботаксисов, модель жестких сфер, свободного объема, квазиполикристаллическая модель), физические свойства металлических расплавов (вязкость, плотность, поверхностное натяжение). Активности компонентов металлических расплавов (расчеты коэффициентов активности, способы выражения концентрации растворов, законы для идеальных растворов, разбавленные, реальные и регулярные растворы, параметры взаимодействия). Массоперенос в расплавах и его закономерности (молекулярная и конвективная диффузия, теории диффузии в жидкости)./Лек/	1	4	ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 ПК-2-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3 Л 2.4 Л 2.6 Л 2.7 Л 2.9	
3.2	Решение прикладных задач по разделу дисциплины «Прикладной характер явлений, происходящих в металлургических расплавах»/ Пр/	1	4	ОПК-1-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-У1 УК-2-У1 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-2-В1 УК-1-У2 УК-1-В2	Л 1.3 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.7	
3.3	Усвоение текущего учебного материала /Ср/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 ПК-2-31 УК-1-32	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3 Л 2.4 Л 2.6 Л 2.7 Л 2.9	
3.4	Подготовка и оформление практических работ /Ср/	1	2	ОПК-5-У1 УК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.3 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.7	
3.5	Подготовка к контрольному мероприятию в рамках текущего контроля успеваемости – раздел 3 (контрольная работа) /Ср/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 ПК-2-31 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3 Л 2.4 Л 2.6 Л 2.7 Л 2.9	
3.6	Подготовка к выполнению расчетной части ДЗ /Ср/	1	1	ОПК-1-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-У1	Л 1.1 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1	

				УК-2-У1 ПК -2-У1 ПК -2-В1 УК-2-В1 УК-1-У2 УК-1-В2	Л 2.3 Л 2.4 Л 2.7 Л 2.8 Л 2.10 Л 3.1	
	<b>Раздел 4. Термодинамика и кинетика взаимодействия металлических и шлаковых расплавов</b>					
4.1	Окисление металла шлаком (распределение компонентов между шлаком и металлом, окислительные свойства шлака, направление окислительных реакций). Окисление металла с участием шлака (поступление кислорода в металл, кинетика обезуглероживания, термодинамические и кинетические закономерности окисления марганца и кремния в окислительной период плавки). Термодинамические и кинетические закономерности взаимодействия газов со шлаками. Процессы рафинирования металла от серы и фосфора (термодинамические и кинетические особенности процесса десульфурации металла в присутствии и отсутствии шлака, термодинамика и механизм процесса дефосфорации металла). Раскисление жидкого металла (термодинамический анализ процессов раскисления марганцем, углеродом при обычном и пониженном давлении (вакууме), комплексное раскисление. Методы раскисления (глубинное (осадочное) и диффузионное раскисление, образование, укрупнение, рост, всплывание неметаллических включений)/Лек/	1	4	ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 ПК-2-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-1-32	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.6 Л 2.7 Л 2.8 Л 2.9	
4.2	Решение прикладных задач по разделу дисциплины «Термодинамика и кинетика взаимодействия металлических и шлаковых расплавов»/ Пр/	1	3	ОПК-1-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-У1 УК-2-У1 ПК -2-У1 ПК -2-В1 УК-2-В1 УК-1-У2 УК-1-В2	Л 1.3 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.7	
4.3	Усвоение текущего учебного материала /Ср/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 ПК-2-31 УК-1-32	Л 1.1 Л 1.2 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.6 Л 2.8 Л 2.9 Л 2.10	
4.4	Подготовка и оформление практических работ /Ср/	1	2	ОПК-5-У1 УК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л 1.3 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.7	
4.5	Выполнение и оформление расчетной части ДЗ /Ср/	1	5	ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 ПК-2-31 УК-1-У2 УК-1-В2	Л 1.1 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.3 Л 2.4 Л 2.7 Л 2.8 Л 2.10 Л 3.1	
	<b>Раздел 5. Основы взаимодействия жидкого металла с газовой атмосферой сталеплавильных агрегатов</b>					
5.1	Термодинамические и кинетические закономерности процессов растворения и взаимодействия водорода, азота и кислорода с жидким расплавом	1	2	ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31	Л 1.1 Л 1.2 Л 2.1	

	на основе железа. Удаление растворенных азота, водорода и кислорода из жидкого расплава на основе железа. Процессы испарения из жидких сплавов. Дистилляция и ректификация. Термодинамика испарения./Лек/			УК-2-31 ПК-2-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-5-В1 УК-1-В1 УК-1-32	Л 2.2 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.6 Л 2.8 Л 2.9 Л 2.10	
5.2	Решение прикладных задач по разделу дисциплины «Основы взаимодействия жидкого металла с газовой атмосферой сталеплавильных агрегатов»/ Пр/	1	3	ОПК-1-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-У1 УК-2-У1 ПК -2-У1 ПК -2-В1 УК-2-В1	Л 1.3 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.7	
5.3	Усвоение текущего учебного материала /Ср/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 ПК-2-31	Л 1.1 Л 1.2 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.6 Л 2.8 Л 2.9 Л 2.10	
5.4	Подготовка и оформление практических работ /Ср/	1	2	ОПК-5-У1 УК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32	Л 1.3 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.7	
5.5	Подготовка к контрольному мероприятию в рамках текущего контроля успеваемости – раздел 4 и 5 (контрольная работа) /Ср/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 ПК-2-31 УК-1-32	Л 1.1 Л 1.2 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.6 Л 2.8 Л 2.9 Л 2.10	
5.6	Защита ДЗ /Ср/	1	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-31 УК-2-31 УК-2-У1 ПК-2-31 ПК -2-У1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2	Л 1.1 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.3 Л 2.4 Л 2.7 Л 2.8 Л 2.10 Л 3.1	
	<b>Часы на контроль /Контроль/</b>	1	36	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3 Л 2.4 Л 2.5 Л 2.6 Л 2.7 Л 2.8 Л 2.9 Л 2.10	



## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачету с оценкой)

#### Раздел 1. Прикладной характер и физико-химические основы реакций горения в металлургии

- 1 Прикладной характер реакции горения водорода для металлургических процессов. Константа равновесия реакции. Влияние энерготехнологических факторов на смещения равновесия реакции. Изменение константы равновесия и энергии Гиббса в зависимости от изменения температуры процесса (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 2 Прикладной характер реакции горения монооксида углерода (СО) для металлургических процессов. Константа равновесия реакции. Влияние энерготехнологических факторов на смещения равновесия реакции. Изменение константы равновесия и энергии Гиббса в зависимости от изменения температуры процесса (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 3 Восстановительная способность водорода и монооксида углерода при высоких температурах. Прикладной характер реакций для металлургических процессов. Изменение энергии Гиббса химических реакций в зависимости от изменения температуры (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 4 Прикладной характер реакции водяного газа для металлургических процессов. Константа равновесия реакции. Влияние энерготехнологических факторов на смещения равновесия реакции. Изменение константы равновесия и энергии Гиббса в зависимости от изменения температуры процесса (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 5 Кислородный потенциал. Окислительный и восстановительный характер газовых атмосфер в металлургических агрегатах. Термодинамика сложных газовых атмосфер металлургических агрегатов (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 6 Прикладной характер реакции горения и конверсии метана для металлургических процессов. Константа равновесия реакции. Влияние энерготехнологических факторов на смещения равновесия реакции. Изменение константы равновесия реакции в зависимости от изменения температуры процесса. Процесс ускорения конверсии природного газа (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 7 Прикладной характер реакции разложения метана для металлургических процессов. Константа равновесия реакции. Изменение константы равновесия реакции в зависимости от изменения температуры процесса (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 8 Прикладной характер реакции газификации углерода диоксидом углерода для металлургических процессов. Константа реакции, влияние энерготехнологических факторов на направление химической реакции (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 9 Прикладной характер реакции газификации углерода водяным паром для металлургических процессов. Константа реакции, влияние энерготехнологических факторов на направление химической реакции (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 10 Прикладной характер реакции полного и неполного горения углерода для металлургических процессов. Константа реакции, влияние энерготехнологических факторов на направление химической реакции (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 11 Цепной механизм реакций гомогенного горения. Тепловое воспламенение. Характеристика основных положений теории цепных реакций. Механизм горения водорода, монооксида углерода и метана (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

#### Раздел 2. Прикладной характер явлений при восстановительных процессах в металлургии

- 1 Общая характеристика окислительно-восстановительных процессов в металлургии. Классификация оксидов по восстановимости. Характеристика основных восстановителей применяемых в металлургии. Углелермический и металлотермический процесс восстановления (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 2 Восстановление металлов из оксидов при использовании газообразных восстановителей (СО и Н<sub>2</sub>). Равновесное состояние системы  $Me - CO - CO_2 - Me$ . Термодинамические особенности реакций при изменении энерготехнологических показателей процесса (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 3 Термодинамические особенности восстановления оксидов твердым углеродом. Константа равновесия реакций прямого восстановления. Условия восстановления при изменении температуры процесса (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 4 Термодинамические особенности восстановления железа из оксидов монооксидом углерода (СО) и водородом (Н<sub>2</sub>). Влияние фазовых превращений на равновесие реакции восстановления (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 5 Термодинамические особенности восстановления железа из оксидов с участием твердого углерода. Температура начала прямого восстановления, изменение ее значения в зависимости от энерготехнологических параметров (ОПК-1-31 ОПК-1-У1

ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК -2-У1 ПК -2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

6 Механизм и прикладной характер реакций восстановления оксидов металлов газами. Стадии процесса. Типы взаимодействия восстановителя с оксидами (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК -2-У1 ПК -2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

7 Прикладной характер восстановления оксидов железа для металлургических агрегатов. Процесс восстановления оксида железа водородом. Влияние пористости на протекание процессов восстановления (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК -2-У1 ПК -2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

8 Прикладной характер, механизм и кинетические закономерности процесса восстановления оксидов твердым углеродом. Возможные схемы процесса восстановления (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК -2-У1 ПК -2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

9 Роль диффузионных процессов при восстановлении металлов из оксидов. Определение скорости диффузии газа – восстановителя в порах оксида. Влияние температуры на скорости диффузионного и химического звена процесса восстановления (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

10 Пористость восстанавливаемых оксидов металлов, ее влияние на процессы восстановления. Влияние пористости кусков оксидов на скорость и полноту восстановления. Взаимосвязь пористости кусков оксидов с температурой восстановления (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

11 Механизм восстановления оксидов твердым углеродом. Возможные схемы процесса. Роль контакты твердого углерода с оксидом в процессе прямого восстановления (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК -2-У1 ПК -2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

12 Лимитирующее звено процесса в двухступенчатой схеме углетермического восстановления. Влияние технологических факторов на увеличение скорости лимитирующего звена процесса восстановления (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

13 Прикладной характер явления науглероживания металлов в металлургии. Процесс науглероживания поверхностных слоев металла. Схемы науглероживания. Зависимость равновесного состава газовой фазы и активности углерода в металле от температуры в двухфазной области (феррит и цементит) (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

### Раздел 3. Прикладной характер явлений, происходящих в металлургических расплавах

1 Классификация металлургических шлаков. Структура твердых шлаков. Характеристики металлургических шлаков. Типичные составы металлургических шлаков для различных плавильных агрегатов (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

2 Двойные диаграммы состояния шлаковых систем. Характеристики основных областей на примере системы  $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ . Тройные диаграммы, принципы их построения. Правило рычага для тройных диаграмм (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

3 Основные свойства жидких сталеплавильных шлаков. Влияние свойств жидких шлаков для протекание физико – химических явлений в сталеплавильном производстве. Явление вспенивания сталеплавильных шлаков и его практическая значимость для сталеплавильных процессов (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

4 Общие сведения о строении шлаковых растворов. Молекулярная теория строения, основные достоинства и недостатки. Ионная теория строения шлаковых растворов. (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

5 Теория совершенных ионных растворов. Прикладной характер теории для расчетов равновесия металла и «простого» шлака. Влияние увеличения числа компонентов в шлаке на достоверность расчетов и опытных данных (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

6 Теория регулярных ионных растворов В.А. Кожеурова, основные ее положения. Практическая значимость для металлургического производства (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

7 Структура и строение жидких металлов. «Электронный газ» решетке металла. Изменение кристаллической решетки при плавлении металла. Наследование структуры жидкого металла (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

8 Модельные теории жидкости. Основные положения «дырочной» теории Я.И. Френкеля. Тепловое движение атомов в соответствии с «дырочной» теорией (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

9 Теория кластеров и модель жестких сфер. Модель свободного атома. Основные положения (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

10 Сущность внутреннего трения (вязкости) расплавов. Зависимость вязкости от температуры процесса. Изменение значения вязкости при наличии примесей других жидких металлов. Влияние ввода легирующих компонентов на вязкость жидкого железа (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

11 Изменение плотности металла при переходе из твердого состояния в жидкое. Влияние степени перегрева расплава над температурой ликвидуса на изменение плотности жидкого металла (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1

ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

12 Поверхностное натяжение жидкого металла. Роль поверхностного натяжения для металлургических процессов. Явление адгезии при кон-такте двух жидких фаз(ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

13 Активности компонентов металлических расплавов. Способы выражения состава, отличительные особенности (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

14Законы для идеальных растворов. Характер отклонения реальных растворов от законов Рауля и Генри (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

15 Химический потенциал элемента в растворе. Реальные растворы и регулярные растворы (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

16 Общие характеристики параметров взаимодействия 1-го и 2 - го рода. Практическая значимость параметров взаимодей-ствия для металлургических расчетов (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

17 Массоперенос в расплавах и закономерности протекания этого процесса. Явления молекулярной диффузии. Практическая значимость этого явления для протекания сталеплавильных процессов (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

18 Конвективная диффузия, ее роль для протекания процессов в реальных металлургических системах в целях переноса по-тока вещества (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

19 Процесс кристаллизации металла: критический размер зародыша, флуктуационные изменения свободной энергии при кристаллизации. Влияние степени переохлаждения расплава на скорость кристаллизации (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

20 Процесс роста зародышей кристалла. Влияние механических примесей в расплаве на процесс кристаллизации. Влияние модификаторов на процесс кристаллизации (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

21 Распределение компонентов между шлаком и металлом. Понятие константы распределения и коэффициента распределе-ния (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

#### **Раздел 4. Термодинамика и кинетика взаимодействия металлических и шлаковых расплавов**

1 Окислительные свойства шлака. Процесс переноса кислорода из газовой фазы в металл через шлак. Связь окислительной способности шлака с активностью FeO в шлаке (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

2Направление окислительно-восстановительных реакций в сталеплавильных процессах. Условия для удаления «нежела-тельных» примесей из жидкого металла (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

3 Направление окислительно-восстановительных реакций в сталеплавильных процессах. Условия сохранения «полезных» примесей в жид-ком металле (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

4 Термодинамические и кинетические характеристики процесса окисления углерода в жидком металле (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

5 Механизм поступления кислорода в металл в процессе обезуглероживания расплава (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

6 Характеристики последовательных и параллельных стадий процесса взаимодействия кислорода и углеродом в жидком расплаве (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

7 Охарактеризовать химические реакции между растворенным кислородом и углеродом в жидком расплаве. Лимитирующая реакция процесса обезуглероживания металла (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

8 Константа равновесия реакции взаимодействия углерода и растворенного кислорода. Влияние температуры на ход процес-са обезуглероживания (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

9 Охарактеризовать условия образования критических размеров пузырьков СО. Рост пузырька СО на поверхности огне-упорной кладки (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

10 Термодинамика процесса десульфурации металла (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

11 Кинетические особенности процесса десульфурации металла (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

12 Термодинамика процесса дефосфорации металла (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

13 Механизм реакции дефосфорации жидкого металла (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

**Раздел 5. Основы взаимодействия жидкого металла с газовой атмосферой сталеплавильных агрегатов**

- 1 Термодинамика процесса растворения водорода в жидком металле (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 2 Термодинамика процесса растворения кислорода в жидком металле (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 3 Механизм растворения и удаления азота из жидкого металла (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 4 Механизм растворения и удаления водорода из жидкого металла (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 5 Процесс взаимодействия растворенного водорода с жидким металлом (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 6 Процесс взаимодействия растворенного азота с жидким металлом (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)
- 7 Процесс взаимодействия растворенного кислорода с жидким металлом (ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-31 УК-1-У1УК-1-В1УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-32 УК-1-У2 УК-1-В2)

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине**

В семестре 1 по курсу предусмотрен экзамен. В семестре 1 предусмотрены:

- 1) Контрольная работа № 1 по разделам 1-2 (ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 УК-1-32 ПК-2-31).
- 2) Контрольная работа № 2 по разделу 3 (ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 УК-1-32 ПК-2-31).
- 3) Контрольная работа № 3 по разделам 4-5 (ОПК-1-31 ОПК-5-31 УК-1-31 УК-2-31 УК-1-32 ПК-2-31).

Варианты для контрольных работ представлены в ФОМ.

Возможна простановка экзамена на основе результатов текущей аттестации в течение семестра 1. С целью получения более высокой оценки по дисциплине студент имеет право сдавать экзамен.

Домашнее задание (ОПК-1-У1 ОПК-1-В1ОПК-5-У1 ОПК-5-В1УК-1-У1 УК-1-В1УК-2-У1 УК-2-В1УК-1-У2 УК-1-В2 ПК -2-У1 ПК -2-В1): состоит из двух частей: первая часть (теоретическая) – студенту предлагается описать теоретический вопрос, касающийся тематики дисциплины (темы вопросов представлены в ФОМ, выдаются преподавателем индивидуально); вторая часть (расчетная) - «Расчет коэффициентов активности и активности оксидов, составляющих сталеплавильные шлаки» (индивидуальные варианты выполнения расчетной части ДЗ представлены в ФОМ). ДЗ выполняется с требованиями, представленными в Л 3.1.

Для выполнения вычислений, анализа полученных данных возможно использование пакета прикладных программ MicrosoftExcel. Оформление ДЗ в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105, ГОСТ 7.32.

Выполненное домашнее задание студенту следует защищать индивидуально в предусмотренное время.

Практические занятия (ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-У1 УК-2-В1 УК-1-У2 УК-1-В2 ПК -2-У1 ПК -2-В1)

На практических занятиях обучающимися осуществляется решение прикладных задач по разделам дисциплины.

Практические работы выполняются в соответствии с требованиями учебно-методического пособия к практическим занятиям (рассмотрены на заседании кафедры ММ и рекомендованы к использованию в учебном процессе).

**5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)**

Экзаменационный билет включает в себя 3 теоретических вопроса из установленного перечня по темам, изложенным в подразделе 5.1 данной РПД.

Билеты хранятся на кафедре и утверждены заведующим кафедрой.

**5.4. Методика оценки освоения дисциплины**

Система оценивания результатов обучения по дисциплине для текущего контроля успеваемости:

№ п/п	Форма контроля	Критерий	Оценка
1	Контрольная работа	При выполнении контрольной работы студент показывает достаточный уровень знаний в объеме пройденной темы, объем правильных ответов составляет 60% и выше	зачтено
		При выполнении контрольной работы студент показывает недостаточный уровень знаний в объеме пройденной темы, объем правильных ответов составляет менее 60%	не зачтено
2	Домашнее задание	Домашнее задание оформлено в соответствии с требованиями, выполнен весь объем ДЗ, правильность выполнения составляет 75-80%, выявленные недочеты студент может устранить при защите, владеет терминологией, аргументировано отвечает на поставленные вопросы, логически мыслит, показывает достаточные знания в объеме защищаемой темы, ориентируется в основной и дополнительной литературе по курсу	зачтено
		Оформление домашнего задания не соответствует требованиям, выполнены не все части ДЗ, студент не может устранить выявленные недочеты и замечания, не понимает сущности задаваемых вопросов, не ориентируется в тематике домашнего задания, допускает грубые ошибки при ответе	не зачтено

3	Практическое занятие	Студент владеет в достаточном объеме терминологией и теоретическими знаниями по тематике практического занятия, умеет применять их для решения практических типовых задач, связанных с профессиональной деятельностью, аргументировано отвечает на поставленные вопросы, ориентируется в основной и дополнительной литературе по курсу	зачтено
		Студент не владеет терминологией, имеет недостаточный объем знаний теоретического материала, чтобы применять его для решения практических типовых задач, связанных с профессиональной деятельностью, не понимает сущности изучаемой темы, допускает грубые ошибки в расчетах и ответах на поставленные вопросы	не зачтено
4	Экзамен	студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, дает ответы на дополнительные вопросы, знает дополнительно рекомендованную литературу	отлично
		студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал	хорошо
		студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике	удовлетворительно
		студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неправильные или неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы	неудовлетворительно
		студент на экзамен не явился	не явка

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1 Основная литература

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 1.1	Д.А.Дюдкин, В.В.Кисиленко	Производство стали	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	М. : Теплотехник, 2008.
Л 1.2	С. В. Беляев, В.А. Героцкий	Основы теории металлургических процессов	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	Нижний Новгород : Нижегородский гос. тех. университет им. Р.Е. Алексеева, 2015.
Л 1.3	А.С. Тимофеева, Т.В. Никитченко, Е.С. Тимофеев	Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	Старый Оскол : "ТНТ", 2012.
Л 1.4	Т.В. Виноградова, Л.А. Брусницына	Кинетика простых гомогенных реакций	ЭБС Университетская библиотека ONLINE URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=276014">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=276014</a>	Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014.

#### 6.1.2 Дополнительная литература

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 2.1	Е.С. Михалина, А.Л. Петелин	Термодинамика и кинетика металлургических процессов. Окислительно-восстановительные системы	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	М. : Издательский Дом МИСИС, 2011
Л 2.2	А.И. Зайцев, Б.М. Могунов, Е.Х. Шахпазов	Физическая химия металлургических шлаков	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	М. : Интерконтакт Наука, 2008.
Л 2.3	И.Ф. Селянин, А.В. Феоктистов, С.А. Бедарев	Теория и практика интенсификации технологического процес-	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	М. : Теплотехник, 2010

		са в шахтных печах малого диаметра		
Л 2.4	В.И. Лакомский, В.В. Лакомский	Азот в жидких сталях и шлаках	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	К. : Наукова дум- ка, 2012
Л 2.5	В.Б.Охотский	Модели металлургиче- ских систем	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	Днепропетровск : Системные тех- нологии, 2006
Л 2.6	А.Г. Морачевский, Е.Г. Фирсова	Термодинамика жид- ких металлов и спла- вов	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	СПб. : «Лань», 2017
Л 2.7	Г.Е. Заиков, О.В. Стоянов, А.М. Кочнев, С.С. Ахтя- мова	Химическая кинетика: Теория и практика	ЭБС Университетская библиотека ONLINE <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=258758">http://biblioclub.ru/index.php?page=book &amp;id=258758</a>	Казань : Казан- ский научно- исследователь- ский технологи- ческий универси- тет, 2013
Л 2.8	Л.А. Павличенко, Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов	Термический анализ двухкомпонентных систем	ЭБС Университетская библиотека ONLINE <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=259106">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;i d=259106</a>	Казань : Казан- ский научно- исследователь- ский технологи- ческий универси- тет, 2013
Л 2.9	Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметди- нов, Х.М. Ярошев- ская и др.	Фазовые равновесия в многокомпонентных системах	ЭБС Университетская библиотека ONLINE <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=427846">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;i d=427846</a>	Казань : Казан- ский научно- исследователь- ский технологи- ческий универси- тет, 2014
Л 2.10	А.И. Гарост	Железоуглеродистые сплавы: структурооб- разование и свойства	ЭБС Университетская библиотека ONLINE <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=142435">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;i d=142435</a>	Минск : Белорус- ская наука, 2010.

### 6.1.3 Методические разработки

Обозначе- ние	Авторы, состави- тели	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 3.1	А.А. Кожухов, А.В. Сазонов	Прикладная термоди- намика и кинетика металлургических процессов. Учебное пособие для вып. дом. задания для студентов всех форм обуч., обу- чающихся по напр. 22.04.02	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	Старый Оскол: СТИ НИТУ «МИСИС», 2016

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

### 6.3. Перечень программного обеспечения

П 1	MS Windows
П 2	MS Office
П 3	KasperskyEndpointSecurityдлябизнеса

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И 1	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСИС):
И 2	— аналитическая база (индексы цитирования) WebofScience <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И 3	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И 4	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И 5	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

7.1	<b>Аудитория № 301</b> <b>Лаборатория промышленной безопасности и экологии</b> Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий: комплект учебной мебели на 25 посадочных мест, моноблок MSI AE2210 HR, проектор для презентаций Epson EB-485W.
7.2	<b>Помещение для самостоятельной работы обучающихся</b> <b>Аудитория № 306</b>

	<p><b>Лаборатория моделирования металлургических процессов и информационных технологий</b></p> <p>Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий:</p> <p>комплект учебной мебели на 25 посадочных мест,</p> <p>рабочая станция Core i3-4130 – 4 шт,</p> <p>рабочая станция HP Z420 – 8 шт,</p> <p>проектор для презентаций Acer X1111 DLP Projector QSV 1032.</p> <p>В помещении для самостоятельной работы обучающихся имеется подключение к сети «Интернет» и доступ в электронную информационно-образовательную среду организации.</p>
--	--

#### **8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для успешного освоения дисциплины «Прикладная термодинамика и кинетика металлургических процессов» обучающемуся необходимо:

- Посещать все виды занятий.
- Своевременно зарегистрироваться на рекомендованные электронные ресурсы.
- При возникновении любых вопросов по содержанию курса и организации работы своевременно обращаться к преподавателю (в часы очных консультаций, через MS Teams или LMS Canvas).
- Отчеты по практическим работам и домашнее задание рекомендуется выполнять с использованием MS Office, допускается выполнять в рукописном виде.
- Активно работать с научными базами в сети Интернет.

Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей аттестации.

При изучении дисциплины «Прикладная термодинамика и кинетика металлургических процессов» необходимо использовать следующее учебное издание, разработанное на кафедре металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой и рекомендованное к использованию в учебном процессе:

Прикладная термодинамика и кинетика металлургических процессов Учебно-методическое пособие к практическим занятиям для студентов, обучающихся по напр. 22.04.02. Автор: А.В. Сазонов