

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Котова Даруса Анатольевна  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 14.02.2023 09:59:09  
Уникальный программный ключ:  
10730ffe6b1ed036b744b6e9d97700b86e5c04a7

## МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Национальный исследовательский университет «МИСиС»  
Новотроицкий филиал

Рабочая программа утверждена  
решением Ученого совета  
НИТУ «МИСиС»  
от «31» августа 2020 г.  
протокол № 1-20

# ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВЫБОРУ Б1.В.ДВ.1 Термодинамика и кинетика металлургических процессов

## рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	<b>Кафедра металлургических технологий и оборудования (Новотроицкий филиал)</b>		
Учебный план	22.03.02_19_Металлургия_Пр2_2020.plm.xml Направление подготовки 22.03.02 Металлургия Профиль. Металлургия черных металлов		
Квалификация	<b>Бакалавр</b>		
Форма обучения	<b>очная</b>		
Общая трудоемкость	<b>5 ЗЕТ</b>		
Часов по учебному плану	180	Виды контроля в семестрах:	
в том числе:		экзамены 5	
аудиторные занятия	68		
самостоятельная работа	76		
часов на контроль	36		

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
	18			
Неделя	уп	рп	уп	рп
Лекции	34	34	34	34
Практические	34	34	34	34
В том числе инт.	12	12	12	12
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	76	76	76	76
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

доцент, Фукс А.Ю. \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины

**Термодинамика и кинетика металлургических процессов**

разработана в соответствии с ОС ВО НИТУ «МИСиС»:

Образовательный стандарт высшего образования НИТУ "МИСиС" по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия (уровень бакалавриата). Утвержден приказом НИТУ "МИСиС" от 02 декабря 2015г. №602о.в.

составлена на основании учебного плана:

Направление подготовки 22.03.02 Metallургия Профиль. Metallургия черных металлов  
утвержденного учёным советом вуза от 21.05.2020 протокол № 10/зг.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Кафедра металлургических технологий и оборудования (Новотроицкий филиал)**

Протокол от 18.06.2020 г. № 11

Срок действия программы: 2020-2021 уч.г.

Зав. кафедрой к.т.н., доцент, Шаповалов А.Н.

\_\_\_\_\_  
*подпись*

\_\_\_\_\_  
*И.О. Фамилия*

Руководитель ОПОП ВО

\_\_\_\_\_  
*подпись*

\_\_\_\_\_  
*И.О. Фамилия*

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР)**

1.1	Цель - формирование знаний о физико-химических закономерностях металлургических процессов.
1.2	Задачи:
1.3	- изучить физико-химические особенности металлургических процессов;
1.4	- изучить особенности восстановления и окисления элементов из соответствующих оксидов;
1.5	- научить оценивать термодинамическую возможность протекания металлургических реакций в зависимости от различных условий.

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР) В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Цикл (раздел) ООП:		Б1.В.ДВ.1
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Механика жидкости и газов	
2.1.2	Физическая химия	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Государственная итоговая аттестация	
2.2.2	Курсовая научно-исследовательская работа (часть 1)	
2.2.3	Теория и технология окискования сырья и доменного производства	
2.2.4	Курсовая научно-исследовательская работа (часть 2)	
2.2.5	Теория и технология производства стали	
2.2.6	Электрометаллургия стали и ферросплавов	
2.2.7	Курсовая научно-исследовательская работа (часть 3)	
2.2.8	Специальные стали	

**3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР), СООТНЕСЕННЫЕ С СООТВЕТСТВУЮЩИМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ, КОТОРЫЕ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ДОСТИГНУТЫ ОБУЧАЮЩИМСЯ****ОПК-4.1 : Готовность сочетать теорию и практику для решения инженерных задач****Знать:**

Уровень 1	Основы термодинамического и кинетического анализа высокотемпературных процессов получения черных металлов
Уровень 2	
Уровень 3	

**Уметь:**

Уровень 1	Проводить оценку термодинамических и кинетических характеристик пирометаллургических процессов
Уровень 2	
Уровень 3	

**Владеть:**

Уровень 1	Навыками проведения физико-химических расчетов фазового и химического состава равновесных систем
Уровень 2	
Уровень 3	

**ПК-1.4 : Готовность использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы****Знать:**

Уровень 1	Теоретические закономерности металлургических процессов
Уровень 2	
Уровень 3	

**Уметь:**

Уровень 1	Выполнять термодинамический и кинетический анализ высокотемпературных процессов получения черных металлов
Уровень 2	
Уровень 3	

**Владеть:**

Уровень 1	Навыками проведения физико-химических расчетов применительно к системам и процессам черной металлургии
Уровень 2	

Уровень 3

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР)						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Примечание
	<b>Раздел 1. Горение топлива, диссоциация и образование карбонатов и оксидов.</b>					
1.1	Термодинамические закономерности горения топлива в металлургических процессах /Лек/	5	6	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
1.2	Кинетические закономерности горения топлива /Лек/	5	4	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
1.3	Термодинамика и кинетика реакций образования и диссоциации карбонатов /Лек/	5	4	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
1.4	Термодинамика и кинетика реакций образования и диссоциации оксидов металлов /Лек/	5	4	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
1.5	Расчет равновесного состава газа в реакциях горения топлива /Пр/	5	9	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
1.6	Расчет термодинамических условий разложения и химического кипения карбонатов /Пр/	5	4	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	по форме "Технология проблемного обучения"
1.7	Определение упругости диссоциации оксидов металлов и направления окислительных реакций при высокотемпературной обработке металлов /Пр/	5	4	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
1.8	Решение задач из домашнего задания по разделу: "Горение топлива, диссоциация и образование карбонатов и оксидов". /Ср/	5	12	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
1.9	Подготовка к практическим занятиям /Ср/	5	4	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
1.10	Подготовка к контрольной работе №1 /Ср/	5	10	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
1.11	Контрольная работа №1 /Пр/	5	1	ПК-1.4 ОПК-4.1		
	<b>Раздел 2. Окислительно-восстановительные процессы в доменном и сталеплавильном переделах</b>					
2.1	Термодинамика и кинетика процессов косвенного восстановления оксидов металлов. /Лек/	5	4	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
2.2	Термодинамика и кинетика процессов прямого восстановления оксидов металлов. /Лек/	5	4	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
2.3	Термодинамика и кинетика реакции обезуглероживания металлического расплава при окислительном рафинировании. /Лек/	5	4	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
2.4	Термодинамика и кинетика процессов раскисления, дегазации и рафинирования металла от вредных примесей. /Лек/	5	4	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
2.5	Определение термодинамических условий прямого и косвенного восстановления оксидов металлов /Пр/	5	8	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	по форме "Технология проблемного обучения"
2.6	Расчет термодинамических показателей окислительного рафинирования металлических расплавов /Пр/	5	5	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	

2.7	Расчет термодинамических условий раскисления, дегазации и рафинирования металла от вредных примесей. /Пр/	5	2	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
2.8	Контрольная работа №2 /Пр/	5	1	ПК-1.4 ОПК-4.1		
2.9	Решение задач из домашнего задания по разделу: "Окислительно-восстановительные процессы в доменном и сталеплавильном переделах". /Ср/	5	12	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
2.10	Подготовка к практическим занятиям /Ср/	5	4	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
2.11	Подготовка к контрольной работе №2 /Ср/	5	10	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
2.12	Подготовка к экзамену /Ср/	5	24	ПК-1.4 ОПК-4.1	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3 Э4	
2.13	Экзамен по дисциплине /Экзамен/	5	36	ПК-1.4 ОПК-4.1		

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки к промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (модуля, практики, НИР)

Текущий контроль результатов освоения УД в соответствии с рабочей программой и календарно-тематическим планом происходит при использовании следующих обязательных форм контроля:

1. Выполнение контрольных работ в письменной форме по вопросам и задачам, входящим в раздел (тему) УД, или в тестовой форме по тестовым заданиям в среде LMS Canvas.

Промежуточная аттестация по УД осуществляется при использовании следующих обязательных форм контроля:

1. Экзамен, который может проводиться в устной форме по билетам, включающим теоретические вопросы и задачи, охватывающие все разделы УД, или в тестовой форме по тестовым заданиям в среде LMS Canvas.

Перечень вопросов и заданий по видам текущего контроля и промежуточной аттестации представлен ниже.

Вопросы к контрольной работе № 1 (ОПК-4.1-31, ПК-1.4-31, ПК-1.4-У1):

1. Термодинамическая характеристика реакции горения монооксида углерода.
2. Принцип подвижного равновесия Ле-Шателье и следствия из него. Применение принципа Ле-Шателье для оценки состояния равновесия реакции горения монооксида углерода.
3. Термодинамическая характеристика реакции горения водорода.
4. Принцип подвижного равновесия Ле-Шателье и следствия из него. Применение принципа Ле-Шателье для оценки состояния равновесия реакции горения водорода.
5. Термодинамическая характеристика реакции водяного газа.
6. Принцип подвижного равновесия Ле-Шателье и следствия из него. Применение принципа Ле-Шателье для оценки состояния равновесия реакции водяного газа.
7. Термодинамическая характеристика реакции газификации углерода диоксидом углерода (реакция Белла-Будуара).
8. Принцип подвижного равновесия Ле-Шателье и следствия из него. Применение принципа Ле-Шателье для оценки состояния равновесия реакции Белла-Будуара.
9. Термодинамическая характеристика реакции неполного горения углерода.
10. Принцип подвижного равновесия Ле-Шателье и следствия из него. Применение принципа Ле-Шателье для оценки состояния равновесия реакции неполного горения углерода.
11. Термодинамическая характеристика реакции полного горения углерода.
12. Принцип подвижного равновесия Ле-Шателье и следствия из него. Применение принципа Ле-Шателье для оценки состояния равновесия реакции полного горения углерода.
13. Кинетика и механизм горения газообразного топлива.
14. Кинетика и механизм горения твердого углерода.
15. Кинетика и механизм реакции газификации углерода диоксидом углерода (реакция Белла-Будуара).
16. Термодинамическая характеристика реакций образования и диссоциации карбонатов.
17. Принцип подвижного равновесия Ле-Шателье и следствия из него. Применение принципа Ле-Шателье для оценки состояния равновесия реакции диссоциации карбонатов.
18. Термодинамическая характеристика реакций образования и диссоциации оксидов.
19. Принцип подвижного равновесия Ле-Шателье и следствия из него. Применение принципа Ле-Шателье для оценки состояния равновесия реакции диссоциации оксидов.
20. Кинетика и механизм реакций образования и диссоциации карбонатов и оксидов.

Перечень практических заданий к контрольной работе № 1 (общие формулировки) (ОПК-4.1-У1, ОПК-4.1-В1, ПК-1.4-У1, ПК-1.4-В1):

1. Определить температуру химического «кипения»  $\text{FeCO}_3$  ( $\text{MgCO}_3$ ) при атмосферном давлении, заданном содержании  $\text{CO}_2$  в воздухе и зависимости упругости диссоциации от температуры.
2. Определить температуру начала диссоциации  $\text{FeCO}_3$  ( $\text{MgCO}_3$ ) при атмосферном давлении, заданном содержании  $\text{CO}_2$  в воздухе и зависимости упругости диссоциации от температуры.
3. Определить равновесное давление кислорода в газовой смеси  $\text{CO-CO}_2$ , находящейся в равновесии с твердым углеродом при заданных температуре и общем давлении в газовой фазе. Расчет вести для равновесия реакции  $\text{C} + 1/2\text{O}_2 = \text{CO}$ , для которой  $\Delta G_0 = -110560 - 89,875 \cdot T$ , Дж.
4. Определить возможное направление реакции  $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$  при заданных температуре, давлении газовой фазы, константе равновесия реакции для этой температуры, если известен также состав исходной газовой фазы.
5. Определить температуру равновесия реакции  $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$  ( $\Delta G_0 = 172130 - 177,46 \cdot T$ , Дж).

Вопросы к контрольной работе № 2 (ОПК-4.1-31, ПК-1.4-31, ПК-1.4-У1):

1. Процесс восстановления и общая термодинамическая характеристика окислительно-восстановительных процессов. Определения прямого и косвенного восстановления.
2. Термодинамическая характеристика реакций восстановления оксидов газами. Сравнительная характеристика восстановимости оксидов никеля, железа и марганца.
3. Принцип подвижного равновесия Ле-Шателье и следствия из него. Применение принципа Ле-Шателье для оценки состояния равновесия реакции косвенного восстановления железа из  $\text{FeO}$  монооксидом углерода.
4. Термодинамическая характеристика восстановления оксидов твердым углеродом. Условия прямого восстановления и температура начала прямого восстановления.
5. Принцип подвижного равновесия Ле-Шателье и следствия из него. Применение принципа Ле-Шателье для оценки состояния равновесия реакции прямого восстановления железа из  $\text{FeO}$ .
6. Термодинамика восстановления оксидов железа монооксидом углерода. Диаграмма равновесного состава газовой фазы для реакций косвенного восстановления оксидов железа и сравнение восстановительной способности  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$  при различных температурах.
7. Термодинамика восстановления оксидов железа водородом. Диаграмма равновесного состава газовой фазы для реакций косвенного восстановления оксидов железа и сравнение восстановительной способности  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$  при различных температурах.
8. Термодинамика восстановления оксидов железа с участием твердого углерода. Условия начала прямого восстановления оксидов железа.
9. Кинетика и механизм косвенного восстановления оксидов.
10. Кинетика и механизм прямого восстановления оксидов.
11. Сравнительная характеристика процессов прямого и косвенного восстановления. Степень прямого восстановления.
12. Металлургические шлаки: состав, строение и роль в металлургических процессах.
13. Металлургические расплавы: состав и активность компонентов.
14. Термодинамическая характеристика процессов окислительного рафинирования жидкого металла с участием шлака. Распределение примесей между металлом и шлаком.
15. Термодинамика процесса окисления углерода в жидком металле. Минимальное остаточное содержание углерода.
16. Механизм обезуглероживания металла с участием шлака.
17. Кинетика обезуглероживания металла. Факторы, определяющие скорость обезуглероживания в сталеплавильных процессах.
18. Термодинамическая характеристика процесса раскисления металла глубинным способом. Раскислительная способность.
19. Термодинамическая характеристика процесса десульфурации жидкого металла шлаком.
20. Кинетика и механизм процесса десульфурации жидкого металла шлаком.

Перечень практических заданий к контрольной работе № 2 (общие формулировки) (ОПК-4.1-У1, ОПК-4.1-В1, ПК-1.4-У1, ПК-1.4-В1):

1. Определить раскислительную способность алюминия при заданной температуре металла и остаточном содержании алюминия в металле. При решении задачи считать, что компоненты металла образуют идеальный разбавленный раствор, а продуктом раскисления являются чистые оксиды. Температурная зависимость константы равновесия реакции  $2\text{Al} + 3[\text{O}] = \text{Al}_2\text{O}_3(\text{тв})$  имеет вид:  $\lg K = 64900/T - 20,63$ .
2. Определить раскислительную способность марганца при заданной температуре металла и остаточном содержании марганца в металле. При решении задачи считать, что компоненты металла образуют идеальный разбавленный раствор, а продуктом раскисления являются чистые оксиды. Температурная зависимость константы равновесия реакции  $\text{Mn} + [\text{O}] = \text{MnO}(\text{тв})$  имеет вид:  $\lg K = 14591/T - 6,045$ .
3. Определить окисленность металлической ванны при ее кислородном рафинировании при заданной температуре, если в конце плавки шлак содержал заданное количество  $\text{FeO}$ , а металл содержал требуемое количество углерода и марганца. Расчет проводить исходя из равновесия реакции  $(\text{FeO}) = [\text{Fe}]_{\text{ж}} + [\text{O}]$ , для которой  $\lg K = -6150/T + 2,6$ . Известны также значения параметров взаимодействия кислорода с элементами, растворенными в расплаве железа.
4. Определить концентрацию углерода в расплаве  $\text{Fe-C}$ , находящемся в равновесии со шлаком, содержащим заданное количество  $\text{FeO}$  при определенной температуре, если для реакции  $[\text{C}] + (\text{FeO}) = \{\text{CO}\} + \text{Fe}$   $\Delta G = 98745 - 90,58 \cdot T$ , Дж/моль. Считать  $\gamma(\text{FeO}) = 1$ ,  $f_{\text{C}} = f_{\text{Fe}} = 1$ .
5. Определить температуру начала прямого восстановления марганца из  $\text{MnO}$  при известном общем давлении в системе и концентрации  $\text{CO}$  в газовой фазе.

Вопросы к экзамену (ОПК-4.1-31, ПК-1.4-31, ПК-1.4-У1):

1. Термодинамическая характеристика реакции горения монооксида углерода.

2. Термодинамическая характеристика реакции горения водорода.
3. Термодинамическая характеристика реакции водяного газа.
4. Термодинамическая характеристика реакции газификации углерода диоксидом углерода (реакция Белла-Будуара).
5. Термодинамическая характеристика реакции неполного горения углерода..
6. Термодинамическая характеристика реакции полного горения углерода.
7. Кинетика и механизм горения газообразного топлива.
8. Кинетика и механизм горения твердого углерода.
9. Кинетика и механизм реакции газификации углерода диоксидом углерода (реакция Белла-Будуара).
10. Термодинамическая характеристика реакций образования и диссоциации карбонатов.
11. Термодинамическая характеристика реакций образования и диссоциации оксидов.
12. Кинетика и механизм реакций образования и диссоциации карбонатов и оксидов.
13. Процесс восстановления и общая термодинамическая характеристика окислительно-восстановительных процессов. Определения прямого и косвенного восстановления.
14. Термодинамическая характеристика реакций восстановления оксидов газами. Сравнительная характеристика восстановимости оксидов никеля, железа и марганца.
15. Термодинамическая характеристика восстановления оксидов твердым углеродом. Условия прямого восстановления и температура начала прямого восстановления.
16. Термодинамика восстановления оксидов железа монооксидом углерода. Диаграмма равновесного состава газовой фазы для реакций косвенного восстановления оксидов железа и сравнение восстановительной способности CO и H<sub>2</sub> при различных температурах.
17. Термодинамика восстановления оксидов железа водородом. Диаграмма равновесного состава газовой фазы для реакций косвенного восстановления оксидов железа и сравнение восстановительной способности CO и H<sub>2</sub> при различных температурах.
18. Термодинамика восстановления оксидов железа с участием твердого углерода. Условия начала прямого восстановления оксидов железа.
19. Кинетика и механизм косвенного восстановления оксидов.
20. Кинетика и механизм прямого восстановления оксидов.
21. Сравнительная характеристика процессов прямого и косвенного восстановления. Степень прямого восстановления.
22. Металлургические шлаки: состав, строение и роль в металлургических процессах.
23. Металлургические расплавы: состав и активность компонентов.
24. Термодинамическая характеристика процессов окислительного рафинирования жидкого металла с участием шлака. Распределение примесей между металлом и шлаком.
25. Термодинамика процесса окисления углерода в жидком металле. Минимальное остаточное содержание углерода.
26. Механизм обезуглероживания металла с участием шлака.
27. Кинетика обезуглероживания металла. Факторы, определяющие скорость обезуглероживания в сталеплавильных процессах.
28. Термодинамическая характеристика процесса раскисления металла глубинным способом. Раскислительная способность.
29. Термодинамическая характеристика процесса десульфурации жидкого металла шлаком.
30. Кинетика и механизм процесса десульфурации жидкого металла шлаком.

**5.2. Перечень письменных работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы или проекты, отчёты о практике или НИР и др.**

Домашнее задание на тему: "Определение основных термодинамических характеристик процессов в доменном и сталеплавильном переделах" (по вариантам) (ОПК-4.1-31, ОПК-4.1-У1, ОПК-4.1-В1, ПК-1.4-31, ПК-1.4-У1, ПК-1.4-В1).

Объем домашнего задания – 15-20 стр. Варианты заданий приведены в учебно-методическом пособии.

Оформленное домашнее задание сдается на кафедру Металлургических технологий и оборудования. Правильно выполненное задание считается зачтенным. Домашнее задание, выполненное неверно или имеющее замечания, возвращается на доработку.

**5.3. Оценочные материалы (оценочные средства), используемые для экзамена**

Формой текущего контроля являются контрольные работы (ОПК-4.1-31, ОПК-4.1-У1, ОПК-4.1-В1, ПК-1.4-31, ПК-1.4-У1, ПК-1.4-В1):

Ниже представлены образцы билетов для контрольных работ в письменной форме.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Новотроицкий филиал

Кафедра металлургических технологий и оборудования

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

БИЛЕТ № 0

Дисциплина: «Термодинамика и кинетика металлургических процессов»

Направление подготовки бакалавров: 22.03.02 «Металлургия»

Профиль подготовки: «Металлургия черных металлов»

Форма обучения: очная

Форма проведения контрольной работы: письменная

Вопрос. Термодинамическая характеристика реакции горения монооксида углерода.

Задача. Карбонат железа нагревают до температуры 900 °С в газовой фазе, содержащей 20% CO<sub>2</sub> при давлении  $p_{\text{общ}}=2 \cdot 10^5$  Па. Будет ли происходить диссоциация карбоната в этих условиях, если зависимость упругости диссоциации от температуры:  $\lg p_{\text{CO}_2} = -5430/T + 10,06$ ?

Составил: \_\_\_\_\_  
Зав. кафедрой МТиО \_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Новотроицкий филиал

Кафедра металлургических технологий и оборудования

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

БИЛЕТ № 0

Дисциплина: «Термодинамика и кинетика металлургических процессов»

Направление подготовки бакалавров: 22.03.02 «Металлургия»

Профиль подготовки: «Металлургия черных металлов»

Форма обучения: очная

Форма проведения контрольной работы: письменная

Вопрос. Процесс восстановления и общая термодинамическая характеристика окислительно-восстановительных процессов. Определения прямого и косвенного восстановления.

Задача. Определить раскислительную способность алюминия при температуре металла 1600 °С и остаточном содержании алюминия в металле 0,1%. При решении задачи считать, что компоненты металла образуют идеальный разбавленный раствор, а продуктом раскисления являются чистые оксиды. Температурная зависимость константы равновесия реакции  $2\text{Al} + 3[\text{O}] = \text{Al}_2\text{O}_3(\text{тв})$  имеет вид:  $\lg K = 64900/T - 20,63$ .

Составил: \_\_\_\_\_  
Зав. кафедрой МТиО \_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является экзамен (ОПК-4.1-31, ОПК-4.1-У1, ОПК-4.1-В1, ПК-1.4-31, ПК-1.4-У1, ПК-1.4-В1).

Ниже представлен образец билета для экзамена, проводимого в устной форме.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Новотроицкий филиал

Кафедра металлургических технологий и оборудования

БИЛЕТ К ЭКЗАМЕНУ № 0

Дисциплина: «Термодинамика и кинетика металлургических процессов»

Направление подготовки бакалавров: 22.03.02 «Металлургия»

Профиль подготовки: «Металлургия черных металлов»

Форма обучения: очная

Форма проведения экзамена: устная

Вопрос 1. Термодинамическая характеристика реакции горения монооксида углерода.

Вопрос 2. Кинетика и механизм процесса десульфурации жидкого металла шлаком.

Задача. Определить концентрацию углерода в расплаве Fe-C, находящемся в равновесии со шлаком, содержащим 30 % (мольн.) FeO при 1600 °С, если для р.  $[\text{C}] + (\text{FeO}) = \{\text{CO}\} + \text{Fe}$   $\Delta G = 98745 - 90,58 \cdot T$ , Дж/моль. Считать  $\gamma(\text{FeO}) = 1$ ,  $f_{\text{C}} = f_{\text{Fe}} = 1$ .

Составил: \_\_\_\_\_  
Зав. кафедрой МТиО \_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Дистанционно экзамен проводится в LMS Canvas.

Образец заданий для экзамена, проводимого дистанционно в LMS Canvas (ОПК-4.1, ПК-1.4):

ОПК-4.1-31

1) Процесс перевода в раствор извлекаемого металла путем воздействия на руду специальными растворителями с последующим выделением металлов или их соединений из растворов называется:

1. выщелачивание;
2. восстановление;
3. флотация.

2) Реакции разложения карбонатов:

1. эндотермические;
2. экзотермические.



**ОПК-4.1-У1:**

- 1) Чем выше парциальное давление кислорода в газовой смеси, тем:
  1. ниже ее окислительная способность;
  2. выше ее окислительная способность;
  3. не влияет на окислительную способность газовой смеси.
- 2) Отрицательные величины энергии Гибса в реакциях свидетельствуют о:
  1. низкой прочности соединений, являющихся продуктами реакций;
  2. высокой прочности соединений, являющихся продуктами реакций;
  3. невозможности протекания реакции.

**ПК-1.4-З1:**

- 1) Газ, в котором значительная доля частиц ионизирована, называется:
  1. плазмой;
  2. горячим газом;
  3. нейтральным газом.
- 2) Реакции горения углерода являются:
  1. гетерогенными;
  2. гомогенными;
  3. диффузионными.

**ПК-1.4-У1:**

- 1) Что можно определить, пользуясь принципом Ле-Шателье?
  1. температуры и давления на смещение равновесия;
  2. количество образующихся продуктов реакций;
  3. ничего из перечисленного.

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

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

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

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

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

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

При проведении экзамена в форме устного опроса критериями оценки являются:

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

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

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

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

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

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

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

«Удовлетворительно» - получение от 60 до 75 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время.

«Неудовлетворительно» - получение менее 60 % баллов по тесту.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ,****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год, эл. адрес	Кол-во
Л1.1	Минаев Ю.А., Яковлев В.В.	Физико-химия в металлургии: Учебное пособие	М.: МИСиС, 2001,	39
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год, эл. адрес	Кол-во
Л2.1	Падерин С.Н., Филиппов В.В.	Теория и расчёты металлургических систем и процессов: Учебн.пособие	М.: МИСиС, 2002, URL://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=2968	10
<b>6.1.3. Методические разработки</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год, эл. адрес	Кол-во
Л3.1	Шаповалов А.Н.	Теория металлургических процессов: Учебно-методическое пособие	НФ НИТУ "МИСиС", 2015, http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10574	28
<b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"</b>				
Э1	НФ НИТУ "МИСиС"			
Э2	Российская научная электронная библиотека			
Э3	НЭБ НИТУ "МИСиС"			
Э4	КиберЛенинка			
<b>6.3.1 Перечень программного обеспечения</b>				
6.3.1.1	1. Microsoft Office;			
6.3.1.2	2. Операционная система Windows;			
6.3.1.3	3. Электронный образовательный ресурс LMS Canvas;			
6.3.1.4	4. Система видеоконференцсвязи Microsoft Teams или Zoom.			
<b>6.3.2 Перечень информационных справочных систем</b>				

<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР)</b>	
7.1	Для проведения лекций, практических занятий и промежуточной аттестации используются учебные аудитории, оснащенные специализированной мебелью (парты, стулья, классная доска), персональным компьютером (с программным обеспечением, с доступом в сеть интернет и в электронно-информационную среду университета), мультимедийным оборудованием.
7.2	Для выполнения домашнего задания, подготовки к контрольным работам используется аудитория для самостоятельной работы, оснащенная учебной мебелью, компьютерами с программным обеспечением, с доступом в сеть интернет и в электронно-информационную среду университета.

<b>8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР)</b>	
Освоение дисциплины предполагает как проведение традиционных аудиторных занятий, так и работу в электронной информационно-образовательной среде НИТУ «МИСиС» (ЭИОС), частью которой непосредственно предназначенной для осуществления образовательного процесса является Электронный образовательный ресурс LMS Canvas.	
<p>Рекомендации по успешному освоению курса в традиционной форме.</p> <p>Для успешного усвоения теоретического материала необходимо регулярно посещать лекции, перечитывать лекционный материал, значительное внимание уделять самостоятельному изучению дисциплины.</p> <p>Успешному освоению курса также поможет ведение терминологического словаря, что позволит быстрее усваивать теоретический материал, грамотно строить свою речь при устных и письменных ответах.</p> <p>Программа дисциплины включает лекционные и практические занятия, выполнение домашнего задания.</p> <p>Домашнее задание отличается значительными затратами времени и требует от студента знаний лекционного материала, материалов учебно-методического пособия по данной дисциплине и большого внимания. В связи с этим, при планировании своей самостоятельной работы вам следует учитывать, что пропуск лекционных занятий и невнимательное отношение к изучению учебно-методического пособия существенно осложнит выполнение домашнего задания.</p> <p>Подготовка к выполнению домашнего задания заключается в изучении соответствующего учебно-методического пособия и стандартов по оформлению работ. Оформленное домашнее задание сдается на кафедру металлургических технологий и оборудования. Домашнее задание считается выполненным, если оно зачтено преподавателем, ведущим занятия.</p> <p>Участие в практических занятиях требует от студентов высокой степени самостоятельности и способствует более глубокому освоению теоретических положений и их практического использования. По индивидуальным исходным данным, выдаваемым в начале практических занятий, необходимо провести самостоятельные расчеты и сделать выводы по</p>	

полученным результатам: о характере полученных данных и об их соответствии реальным производственным величинам. Подготовка к экзамену по дисциплине заключается в изучении теоретического материала по конспектам лекций, источникам основной и дополнительной литературы, включая темы самостоятельного изучения.

Рекомендации по освоению дисциплины в дистанционной форме.

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

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

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

Работа, подгружаемая для проверки, должна:

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

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

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

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

Участие в группе позволяет:

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

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

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

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