

Рабочая программа утверждена  
решением Учёного совета  
ВФ НИТУ «МИСиС»  
от «30» мая 2024г.  
протокол № 7-24

## Рабочая программа дисциплины (модуля) Термодинамика и кинетика сталеплавильных процессов

Закреплена за кафедрой	Электromеталлургии
Направление подготовки	22.03.02 Металлургия
Профиль	Металлургия черных металлов
Квалификация	<b>бакалавр</b>
Форма обучения	<b>заочная</b>
Общая трудоемкость	<b>3 ЗЕТ</b>
Часов по учебному плану	108
в том числе:	Формы контроля в семестрах:
аудиторные занятия	экзамен 4
самостоятельная работа	54
часов на контроль	25
	27

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	4 (2.2)		Итого	
	уп	рп	уп	рп
Неделя	19			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	18	18	18	18
Практические	36	36	36	36
Контроль самостоятельной работы	2	2	2	2
Итого ауд.	54	54	54	54
Контактная работа	56	56	56	56
Сам. работа	25	25	25	25
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*к.тн, Доц., Комолова Ольга Александровна*

Рабочая программа

**Термодинамика и кинетика сталеплавильных процессов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 Metallургия, ЭМ-24 .plx Metallургия черных металлов, утвержденного Ученым советом ВФ НИТУ "МИСИС" 28.12.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Электротеталлургии**

Протокол от 27.05.2024 г., № 9

Зав. кафедрой Еланский Д.Г.

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

- |     |  |
|-----|--|
| 1.1 | Научить использованию основных законов и понятий физической химии для 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. |
|-----|--|

### 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
-------------------	------

#### 2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

2.1.1	Физика
-------	--------

2.1.2	Химия
-------	-------

2.1.3	Математика
-------	------------

2.1.4	
-------	--

2.1.5	Физическая химия
-------	------------------

#### 2.2 Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

2.2.1	Металлургические технологии
-------	-----------------------------

2.2.2	Моделирование процессов и объектов в металлургии
-------	--

2.2.3	Электрометаллургия стали
-------	--------------------------

2.2.4	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты ВКР
-------	--

2.2.5	Электрометаллургия спец стали
-------	-------------------------------

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

**ПК-1:** Способен определять организационные и технические меры для выполнения производственных заданий в подразделениях электросталеплавильного цеха

**ПК-1.2:** Проводит анализ причин изменений параметров и показателей процессов выплавки и разлива стали

**Знать:**

ПК-1.2-32 методы моделирования физических, химических и технологических процессов

ПК-1.2-31 термодинамические и кинетические данные;

**Уметь:**

ПК-1.2-У2

использовать законы термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы

ПК-1.2-У1 рассчитывать термодинамические и кинетические параметры;

**Владеть:**

ПК-1.2-В2 навыками по составлению кинетических моделей химических процессов при взаимодействии компонентов металлургических систем

ПК-1.2-В1 навыками использовать свои знания в термодинамике и кинетике;

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература и эл. ресурсы	Примечание
	Раздел 1. Термодинамика и кинетика газофазных и твёрдофазных реакций					

1.1	Определение металлургической системы. Способы анализа сложных изолированных металлургических систем. Неравновесный термодинамический подход к описанию металлургических систем. Открытые металлургические системы, равновесные и стационарные состояния. Основные компоненты газовых атмосфер металлургических систем. Химия и термодинамика основных газовых реакций. Сложные газовые атмосферы и способы расчета их равновесного состава и тепловых эффектов в изотермических условиях. Фазовая диаграмма Fe-O. Строение оксидов, нестехиометричность оксидов. Оксиды железа и термодинамические условия их существования. Равновесие между твердыми оксидами железа и окислительной и восстановительной газовой атмосферой. Диффузионно-контролируемые процессы восстановления оксидов. /Лек/	4	6	ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1	
1.2	Расчет равновесия многокомпонентных газовых атмосфер при заданных условиях. /Пр/	4	4	ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1	
1.3	Решение задач по определению диффузионных параметров газовых атмосфер. /Пр/	4	4	ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1	
1.4	Решение задач на кинетику гетерогенных диффузионно-контролируемых реакций с участием твердых тел. /Пр/	4	4	ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1	
1.5	Выполнение домашних заданий /Ср/	4	4	ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1	
1.6	Работа с литературой и конспектом лекций /Ср/	4	4	ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1	
	<b>Раздел 2. Термодинамика процессов с участиемметаллических и шлаковых расплавов.</b>					
2.1	Расплавы металлов и шлаков. Термодинамика металлических растворов. Основные металлургические композиции. Особенности жидкофазного состояния. Промежуточное положение жидкостей в ряду газ - жидкость -твердое тело. Основы современных представлений о структуре расплавов. Задачи термодинамического анализа (на примере расчета раскисления стали или другого металлургического процесса). Физический и феноменологический подход. Компоненты растворов. /Лек/	4	8	ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1	
2.2	Методика и расчет равновесных составов металла и шлака /Пр/	4	10	ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1	
2.3	Методика и расчет констант скорости химических реакций и коэффициентов массопереноса в конкретных условиях металлургического процесса /Пр/	4	6	ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1	
2.4	Работа с литературой и конспектом лекций /Ср/	4	5	ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1	
2.5	Выполнение домашних заданий /Ср/	4	4	ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1	
	<b>Раздел 3. Поверхностные явления в металлургии и кинетика металлургических процессов</b>					

3.1	Поверхностные явления в металлургических процессах. Роль поверхностных явлений в металлургических реакциях. Методы измерения поверхностного натяжения металлов и шлаков. Уравнения изотермы для разбавленных и совершенных металлических растворов. Влияние поверхностно-активных веществ (ПАВ) на поверхностные свойства металлических растворов. Скорость химических реакций и коэффициент массопереноса в конкретных условиях металлургического процесса. /Лек/	4	4	ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1	
3.2	Методика и решение задач на кинетику гетерогенных диффузионно-контролируемых реакций /Пр/	4	8	ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1	
3.3	Работа с литературой и конспектом лекций /Ср/	4	4	ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1	
3.4	Выполнение домашних заданий /Ср/	4	4	ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1	

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

Примерный перечень вопросов в экзамену (ОПК-1.1, ПК-1.4) Сложные металлургические системы. Химические и физико-химические особенности. Способы анализа. Газовые атмосферы металлургических агрегатов. Классификация, химические свойства, кислородный потенциал. Условия равновесия в газовых атмосферах. Способы расчета равновесного состава в сложных газовых системах при изотермических условиях. Равновесие в газах при адиабатических условиях. Расчет температуры горения газового топлива. Кинетические свойства газовых атмосфер металлургических систем. Диффузия в газах, капиллярная диффузия. Твердые металлургические фазы. Кристаллическая структура, химическая связь, дефекты кристаллической структуры. Диаграмма железо – кислород. Оксиды железа, вюстит и проблема нестехиометричности. Вопрос о формах существования компонентов в металлических и шлаковых расплавах. Какие компоненты растворов приняты в различных теориях металлических и шлаковых растворов? Виды коэффициентов активности и их определение при проведении расчетов. Параметры взаимодействия компонентов. Расчет растворимостей газов в жидком железе и многокомпонентных расплавах на его основе (при различных температурах и давлениях). Особенности кинетики гетерогенных реакций металлургического производства. Молекулярная и конвективная диффузия. Способы определения  $\beta, D, E$ . Признаки определения лимитирующего этапа сложного гетерогенного процесса. Общие положения по термодинамике и кинетике обезуглероживания. Кинетическая схема. Критические концентрации. Уравнения для массопереноса при различных режимах обезуглероживания. Кажущаяся энергия активации и способы ее определения. Общие положения по термодинамике и кинетике взаимодействия азота с жидким металлическим расплавом. Схема процесса адсорбции и десорбции. Возможные лимитирующие стадии, их математическое описание.

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

Перечень практических работ по курсу (ОПК-1.1, ПК-1.4)  
Расчет равновесия многокомпонентных газовых атмосфер при заданных условиях. Определение диффузионных параметров газовых атмосфер. Кинетика гетерогенных диффузионно-контролируемых реакций с участием твердых тел. Методика и расчет равновесных составов металла и шлака. Методика и расчет констант скорости химических реакций и коэффициентов массопереноса в конкретных условиях металлургического процесса. Методика и решение задач на кинетику гетерогенных диффузионно-контролируемых реакций

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

Экзаменационный билет состоит из 2 заданий: теоретического вопроса и задачи.

к з а м е н а ц и о н н ы й    б и л е т    №    \_1\_

1) Сложные металлургические системы. Химические и физико-химические особенности. Способы анализа.

2) Задача

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

Оценка освоения дисциплины производится на экзамене по экзаменационным билетам.

Оценку "отлично" получает студент своевременно сдавший домашнее задание

Оценку "хорошо" получает студент своевременно сдавший домашнее задание (допускаются ошибки) и представивший доклад

Оценку "удовлетворительно" получает студент, показавший посредственные знания в освоении дисциплины				
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ</b>				
<b>6.1. Рекомендуемая литература</b>				
<b>6.1.1. Основная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Под ред. А.А. Жуховицкова	Химическая термодинамика и теория растворов. Задачи по физической химии: Учебное пособие	Методические пособия	Москва, 1976
Л1.2	Петелин А.Л., Михалина Е.С.	Термодинамика и кинетика металлургических процессов. Часть 2: Курс лекций	Методические пособия	Москва, 2005
Л1.3	Григорян В.А., Стомахин А.Я., Уточкин Ю.И. и др	Физико-химические расчёты электросталеплавильных процессов -2-е изд., перераб. и доп.: Сборник задач с решениями	Методические пособия	Москва, 2007
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Падерин С.Н., Рыжонков Д.И., Серов Г.В., Jalkanen H., Holappa L., Heikinheimo E.	Термодинамика, кинетика и расчёт металлургических процессов: Учебное пособие	Методические пособия	Москва, 2010
<b>6.3 Перечень программного обеспечения</b>				
П.1	MS Office			
П.2	LMS Canvas			
П.3	MS Teams			
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>				
И.1	<a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>			
<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ</b>				
Ауд.	Назначение		Оснащение	
32	Термодинамика и кинетика <u>сталеплавильных процессов</u>		компьютер, проектор, экран, интерактивная доска <u>комплект тематических презентаций, доступ к</u>	
4	Термодинамика и кинетика <u>сталеплавильных процессов</u>		компьютер, проектор, экран, интерактивная доска <u>комплект тематических презентаций, доступ к</u>	
4	Термодинамика и кинетика <u>сталеплавильных процессов</u>		компьютер, проектор, экран, интерактивная доска <u>комплект тематических презентаций, доступ к</u>	
6	Термодинамика и кинетика <u>сталеплавильных процессов</u>		Компьютеры, доступ к интернету	
<b>8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ</b>				
Для успешного освоения дисциплины обучающемуся необходимо:				
1. Посещать лекционные и практические занятия				
2. Зарегистрироваться на электронный курс				
3. При самостоятельной работе активно пользоваться основной и дополнительной литературой, а также рекомендованными электронными ресурсами.				
4. При возникновении каких-либо вопросов своевременно обращаться к преподавателю (очно/MS Teams)				