

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 26.07.2023 14:16:40

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Thermodynamic computation and analysis of phase diagrams of multicomponent systems / Термодинамический расчет и анализ диаграмм МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ

Закреплена за подразделением

Кафедра металловедения цветных металлов

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Advanced Metallic Materials and Engineering / Современные металлические материалы и инжиниринг

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

5 ЗЕТ

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

36

самостоятельная работа

108

часов на контроль

36

## Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	уп	рп		
Неделя	19			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Практические	36	36	36	36
Итого ауд.	36	36	36	36
Контактная работа	36	36	36	36
Сам. работа	108	108	108	108
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*к.т.н., доцент, Поздняков Андрей Владимирович*

Рабочая программа

**Thermodynamic computation and analysis of phase diagrams of multicomponent systems / Термодинамический расчет и анализ диаграмм многокомпонентных систем**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

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:

22.04.02 Металлургия, 22.04.02-ММТ-22-10А.plx Advanced Metallic Materials and Engineering / Современные металлические материалы и инжиниринг, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Металлургия, Advanced Metallic Materials and Engineering / Современные металлические материалы и инжиниринг, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра металловедения цветных металлов**

Протокол от 29.06.2020 г., №8

Руководитель подразделения Солонин Алексей Николаевич

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Целями освоения дисциплины «Термодинамические расчеты и анализ многокомпонентных фазовых диаграмм» являются формирование у студентов знаний, умений и навыков расчета и анализа фазовых диаграмм.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.О
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Metallic materials: structure, properties and application / Металлические материалы: структура, свойства и применение	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Scientific research / Научно-исследовательская практика (преддипломная)	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

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

<b>ПК-2: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов и технологических процессов для создания новых сплавов, керамических или композиционных материалов</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-2-31 Способы выбора материалов на основе фазовых диаграмм	
<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-5-32 Принципы фазовых равновесий	
ОПК-5-31 Методы построения фазовых диаграмм	
<b>ПК-2: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов и технологических процессов для создания новых сплавов, керамических или композиционных материалов</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-2-У1 Выбирать материалы на основе фазовых диаграмм	
<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>Уметь:</b>	
ОПК-5-У1 Анализировать фазовые диаграммы двух-, трех- и многокомпонентных систем	
ОПК-5-У2 Анализировать кристаллизацию двух- и трехкомпонентных сплавов и формирование структуры материалов в процессе кристаллизации	
<b>ПК-2: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов и технологических процессов для создания новых сплавов, керамических или композиционных материалов</b>	
<b>Владеть:</b>	
ПК-2-В1 Навыками выбора материалов на основе фазовых диаграмм	
<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>Владеть:</b>	
ОПК-5-В1 Навыками анализа фазовых равновесий, кристаллизации сплавов и формирования структуры по фазовым диаграммам двух-, трех- и многокомпонентных систем	

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Двойные диаграммы.</b>							

1.1	Основы. /Пр/	3	1	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1	Правило "рычага". Правило фазовых равновесий. Типы фаз.	КМ1	Р1
1.2	Фазовая диаграмма эвтектического типа. Кристаллизация сплавов. Микроструктура. /Пр/	3	4	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2 ОПК-5-В1	Л1.1	Фазовые равновесия и фазовые реакции на диаграмме эвтектического типа. Построение кривых охлаждения сплавов и схематическое изображение микроструктуры. Определение долей структурных составляющих.	КМ2	Р2
1.3	Тест 1. Фазовая диаграмма эвтектического типа. /Ср/	3	9	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2	Л1.1	Анализ предшествующих практических занятий. Написание теста 1.	КМ2	Р2
1.4	Фазовая диаграмма перитектического типа. Кристаллизация сплавов. Микроструктура. /Пр/	3	4	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2	Л1.1	Фазовые равновесия и фазовые реакции на диаграмме перитектического типа. Построение кривых охлаждения сплавов и схематическое изображение микроструктуры. Определение долей структурных составляющих.	КМ3	Р3
1.5	Тест 2. Фазовая диаграмма перитектического типа. /Ср/	3	9	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2	Л1.1	Анализ предшествующих практических занятий. Написание теста 2.	КМ3	Р3

	<b>Раздел 2. Термодинамические расчеты двухкомпонентных фазовых диаграмм с использованием программы “Thermo- Calc”.</b>							
2.1	Термодинамические расчеты двухкомпонентных фазовых диаграмм с использованием программы “Thermo-Calc”. /Пр/	3	2	ПК-2-У1 ПК-2- -В1	Л1.1	Применение программы “Thermo- Calc” для расчета двухкомпо- нентных фазовых диаграмм	КМ9	Р9
2.2	Термодинамические расчеты двухкомпонентных фазовых диаграмм с использованием программы “Thermo-Calc”. /Ср/	3	9	ПК-2-31 ПК-2- У1 ПК-2-В1	Л1.1	Выполнение индивидуаль- ного задания.	КМ9	Р9
	<b>Раздел 3. Тройные диаграммы</b>							
3.1	Основы. /Пр/	3	2	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ОПК-5-В1	Л1.1	Положение сплавов на концентраци- онном треугольнике . Правило "рычага" для трехфазного равновесия. Графическое и математичес- кое определение долей фаз (сплавов) в смеси.	КМ4	Р4
3.2	Основы. /Ср/	3	9	ОПК-5-31 ОПК-5-32	Л1.1	Анализ предшеству- ющих практически- х занятий. Написание теста 3.	КМ4	Р4

3.3	Фазовая диаграмма эвтектического типа. Кристаллизация сплавов. Микроструктура. /Пр/	3	4	ОПК-5-У1 ОПК-5-У2	Л1.1	Фазовые равновесия и фазовые реакции на диаграмме эвтектического типа. Построение кривых охлаждения сплавов и схематическое изображение микроструктуры. Определение долей структурных составляющих.	КМ5	Р5
3.4	Фазовая диаграмма эвтектического типа. Кристаллизация сплавов. Микроструктура. /Ср/	3	9	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2	Л1.1	Анализ предшествующих практических занятий. Написание теста 4.	КМ5	Р5
3.5	Фазовая диаграмма эвтектического типа. Политермические и изотермические разрезы. /Пр/	3	4	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2	Л1.1	Построение политермических и изотермических разрезов.	КМ6	Р6
3.6	Фазовая диаграмма эвтектического типа. Политермические и изотермические разрезы. /Ср/	3	9	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2	Л1.1	Анализ предшествующих практических занятий. Написание теста 5.	КМ6	Р6
3.7	Фазовая диаграмма перитектического типа. Кристаллизация сплавов. Микроструктура. /Пр/	3	4	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2	Л1.1	Фазовые равновесия и фазовые реакции на диаграмме перитектического типа. Построение кривых охлаждения сплавов и схематическое изображение микроструктуры. Определение долей структурных составляющих.		

3.8	Фазовая диаграмма перитектического типа. Кристаллизация сплавов. Микроструктура. /Ср/	3	9	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2	Л1.1	Анализ предшествующих практических занятий. Написание теста 6.	КМ7	Р7
3.9	Фазовая диаграмма перитектического типа. Политермические и изотермические разрезы. /Пр/	3	4	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2	Л1.1	Построение политермических и изотермических разрезов.	КМ8	Р8
3.10	Фазовая диаграмма перитектического типа. Политермические и изотермические разрезы. /Ср/	3	9	ОПК-5-31 ОПК-5-32 ОПК-5-У1 ОПК-5-У2	Л1.1	Анализ предшествующих практических занятий. Написание теста 7.	КМ8	Р8
	<b>Раздел 4. Термодинамические расчеты многокомпонентных фазовых диаграмм с использованием программы “Thermo-Calc”.</b>							
4.1	Фазовый состав сплавов /Пр/	3	1	ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1	Применение программы “Thermo-Calc” для расчета фазового состава многокомпонентных сплавов.	КМ9	Р9
4.2	Фазовый состав сплавов /Ср/	3	9	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1	Выполнение индивидуального задания.	КМ9	Р9
4.3	Построение изотермических разрезов /Пр/	3	2	ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1	Применение программы “Thermo-Calc” для расчета изотермических разрезов.	КМ9	Р9
4.4	Построение изотермических разрезов /Ср/	3	9	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1	Выполнение индивидуального задания.	КМ9	Р9
4.5	Построение политермических разрезов /Пр/	3	2	ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1	Применение программы “Thermo-Calc” для расчета политермических разрезов.	КМ9	Р9
4.6	Построение политермических разрезов /Ср/	3	9	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1	Выполнение индивидуального занятия.	КМ9	Р9

4.7	Неравновесная кристаллизация /Пр/	3	2	ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1	Применение программы "Thermo-Calc" для расчета неравновесной кристаллизации.	КМ9	Р9
4.8	Неравновесная кристаллизация /Ср/	3	9	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1	Неравновесная кристаллизация.	КМ9	Р9

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Двойные диаграммы. Основы.	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-32;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-31;ПК-2-В1;ПК-2-У1	1. Правило фаз 2. Фазовые равновесия. 3. Правило "рычага" 4. Определение долей фаз.
КМ2	Двойные диаграммы. Эвтектика.	ОПК-5-31;ОПК-5-32;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	1. Фазовые равновесия в системе эвтектического типа. 2. Кристаллизация сплавов. 3. Определение долей структурных составляющих. 4. Формирование микроструктуры в процессе кристаллизации.
КМ3	Двойные диаграммы. Перитектика.	ОПК-5-31;ОПК-5-32;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	1. Фазовые равновесия в системе эвтектического типа. 2. Кристаллизация сплавов. 3. Определение долей структурных составляющих. 4. Формирование микроструктуры в процессе кристаллизации.
КМ4	Тройные диаграммы. Основы.	ОПК-5-31;ОПК-5-32;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ПК-2-31;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	1. Правило фаз 2. Фазовые равновесия. 3. Правило "рычага"-центр тяжести треугольника 4. Определение долей фаз. 5. Определение состава сплавов в тройной системе. 6. Расчет шихты.
КМ5	Тройные диаграммы. Фазовая диаграмма эвтектического типа. Кристаллизация сплавов. Микроструктура.	ОПК-5-31;ОПК-5-32;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	1. Фазовые равновесия в системе эвтектического типа. 2. Кристаллизация сплавов. 3. Определение долей структурных составляющих. 4. Формирование микроструктуры в процессе кристаллизации.
КМ6	Тройные диаграммы. Фазовая диаграмма эвтектического типа. Политермические и изотермические разрезы.	ОПК-5-31;ОПК-5-32;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-У1;ПК-2-31;ПК-2-В1	1. Фазовые равновесия в системе эвтектического типа. 2. Построение политермических разрезов. 3. Построение изотермических разрезов.



КМ7	Тройные диаграммы. Фазовая диаграмма перитектического типа. Кристаллизация сплавов. Микроструктура.	ОПК-5-31;ОПК-5-32;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-31;ПК-2-В1;ПК-2-У1	1. Фазовые равновесия в системе эвтектического типа. 2. Кристаллизация сплавов. 3. Определение долей структурных составляющих. 4. Формирование микроструктуры в процессе кристаллизации.
КМ8	Тройные диаграммы. Фазовая диаграмма перитектического типа. Политермические и изотермические разрезы.	ОПК-5-В1;ОПК-5-У2;ПК-2-У1;ПК-2-31;ПК-2-В1	1. Фазовые равновесия в системе эвтектического типа. 2. Построение политермических разрезов. 3. Построение изотермических разрезов.
КМ9	Использование программы Thermo-Calc для анализа фазовых диаграмм многокомпонентных систем.	ОПК-5-В1;ОПК-5-У2;ОПК-5-У1;ОПК-5-32;ОПК-5-31	1. Построение двойных диаграмм. 2. Построение политермических и изотермических разрезов в тройных и многокомпонентных системах. 3. Неравновесная кристаллизация сплавов. 4. Расчет долей фаз и составов фаз при заданных температурах.

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	Двойные диаграммы. Основы.	ОПК-5-31;ОПК-5-32;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	1. Правило фаз 2. Фазовые равновесия. 3. Правило "рычага" 4. Определение долей фаз.
Р2	Двойные диаграммы. Эвтектика.	ОПК-5-31;ОПК-5-32;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2	1. Фазовые равновесия в системе эвтектического типа. 2. Кристаллизация сплавов. 3. Определение долей структурных составляющих. 4. Формирование микроструктуры в процессе кристаллизации.
Р3	Двойные диаграммы. Перитектика.	ОПК-5-В1;ОПК-5-У2;ОПК-5-У1	1. Фазовые равновесия в системе эвтектического типа. 2. Кристаллизация сплавов. 3. Определение долей структурных составляющих. 4. Формирование микроструктуры в процессе кристаллизации.
Р4	Тройные диаграммы. Основы.	ОПК-5-У2;ОПК-5-У1;ОПК-5-31	1. Правило фаз 2. Фазовые равновесия. 3. Правило "рычага"-центр тяжести треугольника 4. Определение долей фаз. 5. Определение состава сплавов в тройной системе. 6. Расчет шихты.
Р5	Тройные диаграммы. Фазовая диаграмма эвтектического типа. Кристаллизация сплавов. Микроструктура.	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-5-В1	1. Фазовые равновесия в системе эвтектического типа. 2. Кристаллизация сплавов. 3. Определение долей структурных составляющих. 4. Формирование микроструктуры в процессе кристаллизации.
Р6	Тройные диаграммы. Фазовая диаграмма эвтектического типа. Политермические и изотермические разрезы.	ОПК-5-В1;ОПК-5-У2	1. Фазовые равновесия в системе эвтектического типа. 2. Построение политермических разрезов. 3. Построение изотермических разрезов.

P7	Тройные диаграммы. Фазовая диаграмма перитектического типа. Кристаллизация сплавов. Микроструктура.	ОПК-5-У2;ОПК-5-В1;ПК-2-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1	1. Фазовые равновесия в системе эвтектического типа. 2. Кристаллизация сплавов. 3. Определение долей структурных составляющих. 4. Формирование микроструктуры в процессе кристаллизации.
P8	Тройные диаграммы. Фазовая диаграмма перитектического типа. Политермические и изотермические разрезы.	ОПК-5-В1;ОПК-5-У2;ОПК-5-У1	1. Фазовые равновесия в системе эвтектического типа. 2. Построение политермических разрезов. 3. Построение изотермических разрезов.
P9	Использование программы Thermo-Calc для анализа фазовых диаграмм многокомпонентных систем.	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	1. Построение двойных диаграмм. 2. Построение политермических и изотермических разрезов в тройных и многокомпонентных системах. 3. Неравновесная кристаллизация сплавов. 4. Расчет долей фаз и составов фаз при заданных температурах.

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

Тест (аудиторное/домашнее задание) по каждой теме практического занятия.

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

По результатам итоговой (экзаменационной) работы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Поздняков А. В., Чевеикин В. В., Яковцева О. А.	Thermodynamic computations and analysis of the phase diagrams of multicomponent systems: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>	
И.1	Программный продукт Thermo-Calc.

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-317	Лаборатория	Световые металлографические микроскопы 16 шт. , пакет лицензионных программ MS Office, набор демонстрационного оборудования: доска, экран, комплект учебной мебели
Холл библиотеки (Б)		25 компьютеров, комплект специализированной мебели

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

По тематике каждого занятия проводится самостоятельная работа. Каждая самостоятельная работа оценивается по пятибалльной шкале. Условием допуска к экзамену является выполнение всех самостоятельных работ на оценку удовлетворительно и выше.