



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов  
04.02.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ПРИКЛАДНАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И КИНЕТИКА***

Направление подготовки (специальность)  
22.04.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Искусственный интеллект в металлургии

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
очная

|                     |                                                          |
|---------------------|----------------------------------------------------------|
| Институт/ факультет | Институт металлургии, машиностроения и материалобработки |
| Кафедра             | Металлургии и химических технологий                      |
| Курс                | 1                                                        |
| Семестр             | 1                                                        |

Магнитогорск  
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 22.04.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 24.04.2018 г. № 308)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallurgy and chemical technologies 29.01.2025, protocol № 5

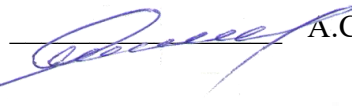
Зав. кафедрой



А. С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ 04.02.2025 г. protocol № 4

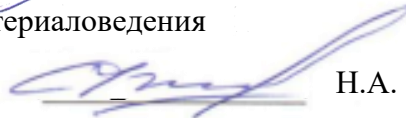
Председатель



А.С. Савинов

Согласовано:

Зав. кафедрой Литейных процессов и материаловедения



Н.А. Феокистов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры МиХТ, канд. техн. наук



Н.Ю. Свечникова

Рецензент:

доцент кафедры ЛПИМ, канд. техн. наук



И.В. Михалкина

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины «Прикладная термодинамика и кинетика» являются: приобретение студентами знаний и компетенций в области термодинамического и кинетического анализа металлургических систем и процессов.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Прикладная термодинамика и кинетика входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Дисциплина базируется на дисциплинах, которые изучали обучающиеся на предыдущем уровне образования - бакалавриате. К таким дисциплинам относятся: физическая химия.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Прикладная термодинамика и кинетика» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции                                                                                                                                                                                                          |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1          | Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии                                                                                                                 |
| ОПК-1.1        | Знает: как решать профессиональные задачи в области металлургии и процессов металлообработки, используя фундаментальные знания; физико-химические основы аддитивного производства                                                         |
| ОПК-1.2        | Умеет: владеть способами и приемами решения исследовательских задач в предметной области металлургии и металлообработки; анализировать и синтезировать данные о составе и микроструктуре изделий, получаемых аддитивными технологиями     |
| ОПК-1.3        | Имеет практический опыт: применять фундаментальные междисциплинарные знания для решения задач в профессиональной деятельности; выбора материалов для аддитивного производства в зависимости от свойств, предъявляемых к готовой продукции |

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 32,1 акад. часов;
- аудиторная – 32 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 75,9 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

| Раздел/ тема дисциплины                                                                                                                                                                    | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |           |             | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы                                                                                              | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации           | Код компетенции           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------|-----------|-------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|                                                                                                                                                                                            |         | Лек.                                         | лаб. зан. | практ. зан. |                                 |                                                                                                                         |                                                                           |                           |
| 1.                                                                                                                                                                                         |         |                                              |           |             |                                 |                                                                                                                         |                                                                           |                           |
| 1.1 Теория горения топлива: термодинамика, механизм и кинетика реакции горения газов, термодинамика, механизм и кинетика реакций горения с участием твердого углерода.                     | 1       |                                              |           | 8           | 18,9                            | Подготовка к практическому занятию №1, выполнение домашнего расчетного задания, работа с библиографическими материалами | Практическое занятие №1, устный опрос, сдача домашнего расчетного задания | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| 1.2 Термодинамика восстановления оксидов: термодинамика восстановления оксидов, механизм и кинетика восстановления оксидов газами, восстановление оксидов в присутствии твердого углерода. |         |                                              |           | 8           | 19                              | Самостоятельное изучение темы, работа с библиографическими материалами                                                  | Устный опрос                                                              | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| 1.3 Термодинамика и кинетика процессов с участием расплавов: термодинамика окислительно-восстановительных реакций в расплавах, окисление углерода при выплавке стали.                      |         |                                              |           | 8           | 19                              | Подготовка к практическому занятию №2, работа с библиографическими материалами                                          | Практическое занятие №2, устный опрос                                     | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| 1.4 Основы теории фазовых превращений: термодинамика образования новой фазы, образование трехмерных                                                                                        |         |                                              |           | 8           | 19                              | Подготовка к практическому занятию №3, работа с библиографическими материалами                                          | Практическое занятие №3, устный опрос                                     | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |

|                                                               |  |  |    |      |  |                  |  |  |
|---------------------------------------------------------------|--|--|----|------|--|------------------|--|--|
| зародышей, механизм и кинетика роста новой фазы из зародышей. |  |  |    |      |  | кими материалами |  |  |
| Итого по разделу                                              |  |  | 32 | 75,9 |  |                  |  |  |
| Итого за семестр                                              |  |  | 32 | 75,9 |  | зачёт            |  |  |
| Итого по дисциплине                                           |  |  | 32 | 75,9 |  | зачет            |  |  |

## **5 Образовательные технологии**

Образовательные технологии – это целостная модель образовательного процесса, системно определяющая структуру и содержание деятельности обеих сторон этого процесса (преподавателя и студента), имеющая целью достижение планируемых результатов с поправкой на индивидуальные особенности его участников. Технологичность учебного процесса состоит в том, чтобы сделать учебный процесс полностью управляемым.

Основными признаками образовательной технологии в ее современном понимании являются:

- детальное описание образовательных целей;
- поэтапное описание (проектирование) способов достижения заданных результатов-целей;
- использование обратной связи с целью корректировки образовательного процесса;
- гарантированность достигаемых результатов;
- воспроизводимость образовательного процесса вне зависимости от мастерства преподавателя;
- оптимальность затрачиваемых ресурсов и усилий.

Реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков.

Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическая работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература:**

1. Михалина, Е.С. Термодинамика и кинетика металлургических процессов: учебное пособие / Е.С. Михалина, А.Л. Петелин. — Москва : МИСИС, 2011. — 56 с. — ISBN 978-5-87623-461-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117017>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Цирельман, Н. М. Техническая термодинамика : учебное пособие / Н. М. Цирельман. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 352 с. — ISBN 978-5-

8114-3063-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107965>

**б) Дополнительная литература:**

1. Цирельман, Н. М. Техническая термодинамика : учебное пособие / Н. М. Цирельман. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-3063-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107965>

2. Термодинамика, кинетика и расчеты металлургических процессов / С. Н. Падерин, Д. И. Рыжонков, Г. В. Серов [и др.]. — Москва : МИСИС, 2010. — 235 с. — ISBN 978-5-87623-312-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117022>

3. Котельников, Г. И. Термодинамика и кинетика металлургических процессов: физи-ко-химические расчеты по термодинамике и кинетике поведения газов и неметаллических включений в стали : учебное пособие / Г. И. Котельников, А. В. Павлов, К. Л. Косырев. — Москва : МИСИС, 2013. — 45 с. — ISBN 978-5-87623-577-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116991>

**в) Методические указания:**

Свечникова, Н. Ю. Практикум по технической термодинамике и теплотехнике : практикум / Н. Ю. Свечникова, С. В. Юдина, А. В. Горохов ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2098>. - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

| Наименование ПО | № договора                   | Срок действия лицензии |
|-----------------|------------------------------|------------------------|
| 7Zip            | свободно распространяемое ПО | бессрочно              |
| FAR Manager     | свободно распространяемое ПО | бессрочно              |
| Браузер Yandex  | свободно распространяемое ПО | бессрочно              |

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

| Название курса                                                                                     | Ссылка                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» | URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>                               |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)   | URL: <a href="https://elibrary.ru/project_riscasp">https://elibrary.ru/project_riscasp</a> |
| Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»                  | <a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>                        |

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа: доска, мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

2. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: доска, мультимедийный проектор, экран.

3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

4. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В качестве основных средств текущего контроля используется аудиторные и внеаудиторные письменные задания (самостоятельные и контрольные работы). Для оценки самостоятельной работы предлагается использовать учебно-методическое обеспечение в электронном и бумажном виде.

Тематика заданий для самостоятельной работы соответствует содержанию разделов дисциплины и относящихся к ним тем. Освоение материала контролируется в процессе проведения лекционных и практических занятий. Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля выбираются исходя из содержания разделов и относящихся к ним тем. Выполнение домашнего задания обеспечивает непрерывный контроль за процессом усвоения учебного материала каждого обучающегося, своевременное выявление и устранение отставаний и ошибок.

Аттестация по итогам освоения дисциплины: зачет .

### Практическое занятия №1:

Термодинамический анализ процесса горения топлива.

### Практическое занятия №2:

Кинетика процессов с участием расплавов

### Практическое занятие №3

Анализ фазовой диаграммы двухкомпонентных систем.

## 3. Пример домашнего расчетно-графического задания

### Формулировка задания

Рассчитать горение твердого топлива с элементным анализом на сухую массу:

- 1) Определить необходимый объем кислорода на горение твердого топлива;
- 2) Определить состав и объем продуктов горения твердого топлива;
- 3) Определить калориметрическую температуру горения твердого топлива.

### *Перечень вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации в форме зачета*

Раздел 1. Теория горения топлива:

1. Роль процессов горения в процессах производства черных и цветных металлов.
2. Термодинамика как научная основа анализа равновесного состояния процессов горения.
3. Константа равновесия реакций горения газообразного, жидкого и твердого топлива.
4. Термодинамика реакций горения газов (монооксида углерода, водорода).
4. Термодинамика реакции водяного газа.
5. Термодинамика реакции Белла-Будуара.

Раздел 2. Термодинамика восстановления оксидов:

1. Общие закономерности окисления металлов и восстановления оксидов.
2. Упругость диссоциации оксидов.
2. Косвенное восстановление оксидов железа.
3. Прямое восстановление оксидов железа.
4. Восстановление оксидов из раствора.

5. Восстановление оксидов с переходом металла в раствор.

Раздел 3. Термодинамика и кинетика процессов с участием расплавов:

1. Общие закономерности окислительно-восстановительных процессов с участием металла и шлака.
2. Окисление-восстановление марганца и фосфора при выплавке стали.
3. Равновесие реакций окисления углерода при выплавке стали.
4. Термодинамика процесса глубокого обезуглероживания металла при выплавке стали.
5. Кинетика обезуглероживания металла при выплавке стали.

Раздел 4. Основы теории фазовых превращений:

1. Термодинамика образования новой фазы.
2. Кинетика образования центров новой фазы.
3. Механизм и кинетика роста трехмерных зародышей новой фазы.
4. Основы современной теории кристаллизации металлических расплавов.

5. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

## а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

| Структурный элемент компетенции                                                                                                 | Планируемые результаты обучения                                                                                     | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1 Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1                                                                                                                         | Решает профессиональные задачи в области металлургии и процессов металлообработки, используя фундаментальные знания | <p><i>Примерный перечень теоретических вопросов для зачета:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Роль процессов горения в процессах производства черных и цветных металлов.</li> <li>2. Термодинамика как научная основа анализа равновесного состояния процессов горения.</li> <li>3. Константа равновесия реакций горения газообразного, жидкого и твердого топлива.</li> <li>4. Термодинамика реакций горения газов (монооксида углерода, водорода).</li> <li>4. Термодинамика реакции водяного газа.</li> <li>5. Термодинамика реакции Белла-Будуара.</li> <li>1. Общие закономерности окисления металлов и восстановления оксидов.</li> <li>2. Упругость диссоциации оксидов.</li> <li>2. Косвенное восстановление оксидов железа.</li> <li>3. Прямое восстановление оксидов железа.</li> <li>4. Восстановление оксидов из раствора.</li> <li>5. Восстановление оксидов с переходом металла в раствор.</li> <li>1. Общие закономерности окислительно-восстановительных процессов с участием металла и шлака.</li> <li>2. Окисление-восстановление марганца и фосфора при выплавке стали.</li> <li>3. Равновесие реакций окисления углерода при выплавке стали.</li> <li>4. Термодинамика процесса глубокого обезуглероживания металла при выплавке стали.</li> <li>5. Кинетика обезуглероживания</li> </ol> |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения                                                                                  | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 |                                                                                                                  | металла при выплавке стали.<br>-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ОПК-1.2                         | Владеет способами и приемами решения исследовательских задач в предметной области металлургии и металлообработки | <p>Решить практическое задание:<br/>         Рассчитать горение твердого топлива с элементным анализом на сухую массу:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Определить необходимый объем кислорода на горение твердого топлива;</li> <li>2) Определить состав и объем продуктов горения твердого топлива;</li> <li>3) Определить калориметрическую температуру горения твердого топлива.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ОПК-1.3                         | Применяет фундаментальные междисциплинарные знания для решения задач в профессиональной деятельности             | <p>Пример практического задания:<br/>         2. Анализ фазовой диаграммы двухкомпонентных систем.</p> <p>Вычертить диаграмму состояния системы Zr - V в координатах температура-состав ( в массовых процентах). Диаграмма приведена (рис.).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>а) Указать, есть ли в системе химические соединения, их число, характер плавления, химический состав и простейшие формулы.</li> <li>б) Отметить линии ликвидуса, солидуса. Определить поля устойчивости фаз.</li> <li>в) Указать, есть ли в системе линии безвариантных равновесий, и каким температурам они отвечают. Определить составы равновесных фаз и написать уравнения превращений, протекающих при отводе тепла при каждой из указанных на диаграмме температурах, отвечающих безвариантным равновесиям.</li> <li>г) Проследить за изменением фазового состояния сплавов, содержащих 5 и 40% вещества V соответственно при понижении температуры от 2000<sup>0</sup>С до 500<sup>0</sup>С.</li> <li>д) Изобразить (справа от диаграммы с одинаковым масштабом по температуре) схематический вид кривых охлаждения этих сплавов (масштаб</li> </ol> |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 |                                 | по оси времени произволен).<br>е) Рассчитать массу жидкой фазы и количества вещества $V$ в ней, если общая масса системы 14 кг, температура $1400^{\circ}\text{C}$ , а суммарное содержание $V$ в смеси фаз 70%. |

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме:

- выполнения и защиты домашней расчетной работы;**
- зачета.**

Показатели и критерии оценивания домашнего расчетно-графического задания «зачтено», «не зачтено».

**Показатели и критерии оценивания зачета:**

- оценку «зачтено» студент получает, если может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач, может дать оценку предложенной ситуации.
- оценку «не зачтено» студент получает, если не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, дать оценку предложенной ситуации.