

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Крюков Вадим Николаевич

Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике

Дата подписания: 23.06.2026 09:24:35

Уникальный программный ключ:

1b0adb7fd710f6a0705d90c588829d0c1272582

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Западный государственный университет им. Н. М. Федоровского»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

« Физико-химические основы металлургического производства»

Уровень образования: аспирантура

Кафедра «Металлургии машин и оборудования»

Разработчик ФОС:

Старший преподаватель

(подпись)

Каверзин А.В.

Оценочные материалы по дисциплине рассмотрены и одобрены на заседании кафедры,
протокол № 11 от 10.06.2026

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физико-химические основы металлургического производства» для промежуточной аттестации разработан в соответствии с Федеральными государственными требованиями высшего образования по направлению подготовки 2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов на основе Рабочей программы дисциплины «Физико-химические основы металлургического производства», утвержденной решением ученого совета, Положения о формировании Фонда оценочных средств по дисциплине (ФОС), Положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ЗГУ, Положения о государственной итоговой аттестации (ГИА) выпускников по образовательным программам высшего образования ЗГУ им. Н.М. Федоровского.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

- **Знать** Физико-химические закономерности протекания пирометаллургических процессов, термодинамику и кинетику восстановления металлов из оксидов, теорию диссоциации карбонатов и окисления металлов.
- **Уметь** Анализировать влияние термодинамических факторов (температура, давление, состав фаз) на равновесие и скорость металлургических реакций, рассчитывать константы равновесия.
- **Владеть** Методикой расчета равновесного давления кислорода, упругости диссоциации и материальных балансов металлургических процессов.

2. Паспорт фонда оценочных средств

Тема 1. Основы теории горения топлива

- Формируемая часть
- Наименование оценочного средства: Ответы на контрольные вопросы
- Форма оценивания: Устно / Письменно

Тема 2. Теория диссоциации и прочности карбонатов

- Формируемая часть
- Наименование оценочного средства: Ответы на контрольные вопросы, Решение расчетных задач
- Форма оценивания: Письменно

Тема 3. Окисление и диссоциация металлов

- Формируемая часть
- Наименование оценочного средства: Тестирование, Устный опрос
- Форма оценивания: Письменно / Устно

Тема 4. Восстановительные процессы

- Формируемая часть
- Наименование оценочного средства: Тестирование, Анализ ситуационных задач
- Форма оценивания: Письменно / Устно

3. Перечень контрольно-оценочных средств (КОС)

Перечень и шкалы оценивания

1. Текущий контроль качества

- **Ответы на контрольные вопросы:** Шкала оценивания — «Достигнут / не достигнут пороговый уровень». Критерии: полнота и точность формулировок, знание термодинамических основ.
- **Решение расчетных задач:** Шкала оценивания — «Зачтено / не зачтено». Критерии: правильность записи уравнений реакций, корректность применения формул.

2. Промежуточная аттестация (Зачет с оценкой)

- **Итоговое тестирование:** Шкала оценивания — 5-балльная.
- **Критерии выставления оценки:**
 - «Отлично» (5): 90–100% правильных ответов, глубокое понимание физико-химической сути процессов.
 - «Хорошо» (4): 80–89% правильных ответов, знание материала с незначительными неточностями в формулировках.
 - «Удовлетворительно» (3): 70–79% правильных ответов, знание основных закономерностей, допускаются ошибки в сложных расчетных или аналитических вопросах.
 - «Неудовлетворительно» (2): менее 70% правильных ответов, наличие принципиальных ошибок в понимании термодинамики и кинетики процессов.

4. Типовые контрольные задания и материалы для оценки знаний, умений, навыков

4.1 Задания для текущего контроля успеваемости

Контрольные вопросы по темам (выборочно из рабочей программы):

По теме «Основы теории горения топлива»:

1. Как влияет температура на окислительные свойства газовой смеси CO – CO₂ с постоянным отношением CO/CO₂?
2. Как производится расчет равновесного состава сложной газовой смеси, в состав которой входят CO₂, CO, H₂ и H₂O?
3. Проиллюстрируйте применение закона Гесса на примере реакций водяного газа, Белла-Будуара, горения углерода.

По теме «Теория диссоциации и прочности карбонатов»:

4. Дайте оценку сравнительной прочности карбонатов кальция, магния и железа.
5. Как влияет давление на термическую прочность карбонатов и оксидов?
6. Проиллюстрируйте применение уравнения изотермы Вант-Гоффа для определения направления протекания реакций диссоциации карбонатов и оксидов.

По теме «Восстановительные процессы»:

7. Дайте определение прямого и косвенного восстановления.
8. Сформулируйте условия начала прямого восстановления. Что называется температурой начала прямого восстановления?
9. Как влияет прочность восстанавливаемого оксида на температуру начала прямого восстановления и почему?

Критерии оценки текущего контроля:

- **«Зачтено»:** Аспирант правильно записывает термодинамические уравнения, дает точные определения, объясняет влияние факторов (вакуума, температуры, давления) на равновесие.

- **«Не зачтено»:** Ошибки в записи констант равновесия, незнание определений, неспособность объяснить физико-химический смысл процессов.

4.2 Задания для промежуточной аттестации

Спецификация комплекта оценочных материалов

- Общее количество заданий: 15.
- Распределение по типам и уровням сложности:
 - Задания с выбором одного верного ответа (Базовый уровень): 4 шт.
 - Задания с выбором нескольких верных ответов (Продвинутый уровень): 3 шт.
 - Задания на установление соответствия (Продвинутый уровень): 3 шт.
 - Задания на установление последовательности (Экспертный уровень): 2 шт.
 - Задания открытого типа с развернутым ответом (Экспертный уровень): 3 шт.

Тестовые задания для промежуточной аттестации

Блок А. Задания с выбором одного верного ответа (Базовый уровень)

1. Чем оцениваются окислительные свойства газовой фазы в металлургических процессах? а) Общим давлением в системе б) Равновесным парциальным давлением кислорода в) Скоростью потока газа г) Температурой плавления оксида
2. Какая реакция описывает процесс Белла-Будуара? а) $C + O_2 = CO_2$ б) $CO_2 + C = 2CO$ в) $H_2O + C = CO + H_2$ г) $MeO + CO = Me + CO_2$
3. Что называется прямым восстановлением оксида металла? а) Восстановление газообразным восстановителем (CO или H_2) б) Восстановление твердым углеродом с непосредственным контактом в) Термическая диссоциация оксида без восстановителя г) Восстановление металлотермическим способом
4. Как влияет повышение общего давления в системе на термическую прочность карбонатов? а) Снижает прочность, облегчая диссоциацию б) Не оказывает влияния на равновесие в) Повышает прочность, затрудняя диссоциацию г) Приводит к мгновенному разложению карбоната

Блок Б. Задания с выбором нескольких верных ответов (Продвинутый уровень)

5. Какие факторы влияют на равновесное давление кислорода в системе «оксид металла – металл»? (Выберите 2 верных варианта) а) Температура системы б) Природа (прочность связи) восстанавливаемого оксида в) Скорость перемешивания расплава г) Размер кусков шихты
6. При каких условиях возможно протекание реакций косвенного восстановления газообразным восстановителем? (Выберите 2 верных варианта) а) Концентрация восстановителя в газовой фазе выше равновесной для данной температуры б) Температура ниже температуры начала прямого восстановления в) Наличие избытка твердого углерода в зоне реакции г) Давление в системе ниже атмосферного
7. Какие стадии включает химический механизм процесса восстановления оксида металла газообразным восстановителем? (Выберите 3 верных варианта) а) Подвод газообразного восстановителя к поверхности оксида б) Химическая реакция на межфазной границе в) Плавление всей массы оксида г) Отвод газообразного продукта реакции от поверхности в объем газа

Блок В. Задания на установление соответствия (Продвинутый уровень)

8. Установите соответствие между типом восстановления и его характеристикой: А) Косвенное восстановление Б) Прямое восстановление В) Металлотермическое восстановление

1. Восстановление оксида металла другим металлом, имеющим большее сродство к кислороду.
 2. Восстановление оксида металла газообразным восстановителем (CO или H₂).
 3. Восстановление оксида металла твердым углеродом при непосредственном контакте фаз.
9. Установите соответствие между газовой смесью и ее свойством в условиях металлургических процессов: А) Смесь CO – CO₂ Б) Смесь H₂ – H₂O В) Чистый H₂
1. Обладает наибольшим восстановительным потенциалом при высоких температурах.
 2. Равновесный состав определяется реакцией Белла-Будуара.
 3. Не содержит углерода, что предотвращает науглероживание получаемого металла.
10. Установите соответствие между термодинамическим уравнением/законом и областью его применения: А) Уравнение изотермы Вант-Гоффа Б) Закон Гесса В) Уравнение зависимости константы равновесия от температуры
1. Расчет теплового эффекта сложной реакции через сумму тепловых эффектов промежуточных стадий.
 2. Определение направления протекания реакции при заданных парциальных давлениях.
 3. Расчет изменения константы равновесия при изменении температуры процесса.

Блок Г. Задания на установление последовательности (Экспертный уровень)

11. Установите правильную последовательность стадий диффузионно-кинетического режима роста новой фазы при твердофазных реакциях восстановления: А) Химическая реакция на межфазной границе Б) Адсорбция реагентов на поверхности твердого тела В) Диффузия реагентов через слой продукта реакции Г) Десорбция продуктов реакции и их отвод в газовую фазу
12. Установите последовательность возрастания термической прочности (температуры начала диссоциации при атмосферном давлении) карбонатов: А) Карбонат кальция (CaCO₃) Б) Карбонат железа (FeCO₃) В) Карбонат магния (MgCO₃)

Блок Д. Задания открытого типа с развернутым ответом (Экспертный уровень)

13. Объясните, как создание вакуума влияет на термодинамическую возможность реакции восстановления оксида с выделением газообразных продуктов. Приведите обоснование с точки зрения принципа Ле Шателье и константы равновесия.
14. Опишите разницу между прямым и косвенным восстановлением. От каких факторов зависит температура начала прямого восстановления оксида металла твердым углеродом?
15. Как влияет переход восстанавливаемого металла в раствор (образование сплава или штейна) на температуру начала прямого восстановления оксида металла твердым углеродом? Обоснуйте ответ с позиций термодинамики (активность компонентов).

5. Ключ верных вариантов ответов и критерии оценивания

Ключ к заданиям закрытого типа (Блоки А, Б, В, Г)

Блок А (по 1 баллу за правильный ответ)

1. б
2. б
3. б
4. в

Блок Б (по 1 баллу за полный правильный набор, 0 баллов при любой ошибке) 5. а, б 6. а, б 7. а, б, г

Блок В (по 1 баллу за полное правильное соответствие) 8. А-2, Б-3, В-1 9. А-2, Б-1, В-3 10. А-2, Б-1, В-3

Блок Г (по 1 баллу за правильную последовательность) 11. Б → А → В → Г 12. Б → В → А

Ключ и критерии оценивания заданий открытого типа (Блок Д) Оценивание: 2 балла за каждый корректно названный и раскрытый аспект (максимум 6 баллов за вопрос).

Вопрос 13 (Влияние вакуума): Эталонные аспекты:

1. Реакция восстановления с выделением газа идет с увеличением объема газовой фазы.
2. Согласно принципу Ле Шателье, понижение общего давления (создание вакуума) смещает равновесие в сторону образования газообразных продуктов.
3. Это снижает требуемую температуру начала реакции, делая термодинамически возможными процессы, которые при атмосферном давлении не идут.

Вопрос 14 (Прямое и косвенное восстановление): Эталонные аспекты:

1. Косвенное восстановление осуществляется газообразными восстановителями (СО, Н₂) без непосредственного контакта с твердым углеродом.
2. Прямое восстановление осуществляется твердым углеродом при непосредственном контакте фаз.
3. Температура начала прямого восстановления зависит от прочности восстанавливаемого оксида: чем прочнее оксид, тем выше температура, необходимая для начала реакции.

Вопрос 15 (Влияние перехода металла в раствор): Эталонные аспекты:

1. Переход металла в раствор (сплав, штейн) снижает его активность в системе.
2. Согласно термодинамике, снижение активности продукта реакции смещает химическое равновесие в сторону его образования.
3. Это приводит к понижению температуры начала прямого восстановления по сравнению с восстановлением до чистого конденсированного металла.

Итоговый подсчет баллов:

- Максимальный балл за тест: 4 (Блок А) + 3 (Блок Б) + 3 (Блок В) + 2 (Блок Г) + 6 (Блок Д) = 18 баллов.
- Перевод в 5-балльную шкалу (процентное соотношение от 18 баллов):
 - 16–18 баллов (90–100%) = «Отлично» (5)
 - 14–15 баллов (80–89%) = «Хорошо» (4)
 - 13 баллов (70–79%) = «Удовлетворительно» (3)
 - Менее 13 баллов (<70%) = «Неудовлетворительно» (2)