

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Крюков Вадим Николаевич

Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике

Дата подписания: 25.06.2026

Уникальный программный ключ:

1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования

«Заполярный государственный университет им. Н. М. Федоровского»
ЗГУ

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ¹
по дисциплине

«Металлургическое оборудование»

Факультет: ГТФ

Направление подготовки: 22.03.02 «Металлургия»

Направленность (профиль): «Прогрессивные методы получения цветных металлов»

Уровень образования: бакалавриат

Кафедра «Металлургии, машин и оборудования»

наименование кафедры

Разработчик ФОС:

Старший преподаватель

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

А.В. Каверзин

(ФИО)

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

И.о. заведующего кафедрой к.т.н., доцент Е.В. Лаговская

¹ В данном документе представлены типовые оценочные средства. Полный комплект оценочных средств, включающий все варианты заданий (тестов, контрольных работ и др.), предлагаемых обучающемуся, хранится на кафедре в бумажном и электронном виде.

Фонд оценочных средств по дисциплине *Металлургическое оборудование* для текущей/ промежуточной аттестации разработан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 22.03.02 *Металлургия* на основе Рабочей программы дисциплины *Металлургическое оборудование*, 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 в ЗГУ им. Н.М. Федоровского.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Код компетенции: ОПК-6 **Содержание:** Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии. **Индикаторы достижения:**

- **ОПК-6.1.** Применяет знания технологии производства цветных металлов и требования безопасного проведения технологического процесса при выборе металлургического оборудования.
- **ОПК-6.2.** Обосновывает предлагаемое технологическое решение (выбор типа печи, агрегата, огнеупорной футеровки) на основе тепловых и материальных балансов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** принципы работы и устройство основных металлургических печей (ПВП, ПВ, РТП, КС, шахтные); свойства огнеупорных материалов; основы теплофизики, газодинамики и теории горения; критерии подобия теплообмена. **Уметь:** рассчитывать материальные и тепловые балансы печных агрегатов; подбирать огнеупорную футеровку в зависимости от характера среды (кислая/основная) и температурного режима; анализировать эффективность работы теплообменного оборудования. **Владеть:** методами выбора оптимального типа печи для конкретного вида металлургического сырья; навыками оценки теплового состояния оборудования и прогнозирования стойкости футеровки.

2. Паспорт фонда оценочных средств

Раздел 1. Теплофизика, газодинамика, горение, подготовка металлургического сырья.

- Формируемая компетенция: ОПК-6
- Оценочные средства: Конспект, тестовые задания.
- Показатели оценки: Наличие конспекта, успешное решение теста.

Раздел 2. Металлургические печи (ПВП, ПВ, РТП, КС, шахтные плавки).

- Формируемая компетенция: ОПК-6
- Оценочные средства: Собеседование, тестовые задания.
- Показатели оценки: Полнота раскрытия материала, решение теста.

Раздел 3. Огнеупорные материалы и футеровка печей.

- Формируемая компетенция: ОПК-6
- Оценочные средства: Тестовые задания.
- Показатели оценки: Решение теста, понимание классификации огнеупоров.

Раздел 4. Теплообмен, термодинамика, критерии подобия.

- Формируемая компетенция: ОПК-6
- Оценочные средства: Тестовые задания, ситуационные кейсы.
- Показатели оценки: Решение теста, грамотный инженерный анализ в кейсах.

Промежуточная аттестация (Экзамен / Зачет).

- Оценочные средства: Комплексный тест, защита расчетно-графической работы.

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания (Технологическая карта)

Форма промежуточной аттестации: Экзамен (очная), Зачет (заочная). **Пороговый (минимальный) уровень:** 75 % от максимально возможной суммы баллов.

Шкала оценивания (процент от максимальной суммы баллов):

- **0 – 64 %** – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень).
- **65 – 74 %** – «удовлетворительно» (пороговый минимальный уровень).
- **75 – 84 %** – «хорошо» (средний уровень).
- **85 – 100 %** – «отлично» (высокий максимальный уровень).

4. Типовые контрольные задания (Тестовые задания)

Инструкция: Выберите один правильный ответ.

Блок 1. Огнеупорные материалы и теплофизика

1. Какой параметр является главным признаком классификации материалов по огнеупорности? А) Минеральный состав; Б) Плотность; В) Способ формования; Г) Температура плавления (размягчения).
2. Каков примерный химический состав шамотных огнеупоров? А) Al_2O_3 72-90 %; Б) Al_2O_3 28-45 %; В) MgO 35-40 %; Г) ZrO_2 25 %.

3. Какие огнеупорные материалы относятся к группе основных? А) В составе преобладает SiO_2 ; Б) В составе преобладает Al_2O_3 ; В) В составе преобладает CaO ; Г) В составе преобладает MgO .
4. Какой из перечисленных материалов относится к кремнеземистым (кислым) огнеупорам? А) Шамот; Б) Муллитокорунд; В) Магнезит; Г) Динас.
5. Свойство материала противостоять длительное время воздействию высоких температур, не теряя формы и не переходя в тестообразное состояние, называется: А) Огнестойкостью; Б) Огнеупорностью; В) Жаростойкостью; Г) Жаропрочностью.

Блок 2. Metallургические печи и теплообмен 6. К печам, в которых теплогенерация происходит частично или полностью за счет химической энергии самого сырья, относятся: А) Анодные печи; Б) Электроды сопротивления; В) Печи взвешенной плавки (ПВП); Г) Индукционные печи. 7. Плавка сырья в фильтрующем слое кускового материала характерна для: А) Печи кипящего слоя (КС); Б) Шахтной плавки; В) Печи Ванюкова; Г) Конвертера. 8. Каким способом передается основная масса теплоты в высокотемпературных металлургических печах? А) Теплопроводностью; Б) Конвекцией; В) Тепловым излучением; Г) Теплопроводностью и конвекцией. 9. Закон Планка устанавливает связь между: А) Излучательной и поглощательной способностями тела; Б) Плотностью потока интегрального излучения и температурой; В) Спектральной плотностью излучения, температурой и длиной волны; Г) Плотностью потока излучения и площадью. 10. Физическая величина, характеризующая интенсивность теплоотдачи при известном изменении температуры (разнице в 1 К), называется: А) Термическим сопротивлением; Б) Коэффициентом температуропроводности; В) Коэффициентом теплопроводности; Г) Коэффициентом теплоотдачи.

Блок 3. Термодинамика и критерии подобия 11. Какова природа передачи теплоты теплопроводностью в твердых телах? А) Перемещение атомов и молекул от нагретой части к холодной; Б) Распространение электромагнитных волн; В) Увеличение интенсивности колебательного движения электронов и атомов за счет их соударения; Г) Конвективные потоки. 12. Распределение спектральной плотности потока излучения по длинам волн в зависимости от температуры устанавливает закон: А) Планка; Б) Стефана-Больцмана; В) Ламберта; Г) Кирхгофа. 13. Необходимым условием стационарной теплопередачи является: А) Наличие температурного поля; Б) Постоянство температуры во всех точках; В) Разность в плотности; Г) Наличие разности температур между передающими средами. 14. В изотермическом процессе идеального газа его теплоемкость равна: А) Нулю; Б) Единице; В) Бесконечности; Г) Зависит от давления. 15. Какая величина остается постоянной в политропном процессе идеального газа? А) Давление; Б) Температура; В) Теплоемкость; Г) Объем. 16. Площадь под кривой процесса в PV -координатах численно равна: А) Теплоте; Б) Энтальпии; В) Работе; Г) Внутренней энергии. 17. Чему равен показатель политропы (n) в изобарном процессе? А) $n = 1$; Б) $n = 0$; В) $n = k$ (показатель адиабаты); Г) $n = \infty$. 18. Если тепло к газу подводится, то его энтропия: А) Уменьшается; Б) Увеличивается; В) Остается постоянной; Г) Сначала падает, потом растет. 19. Уравнение подобия, описывающее теплообмен при вынужденной конвекции жидкости в трубах, имеет вид: А) $Nu = f(Re, Pr)$; Б) $Nu = f(Gr, Pr)$; В) $Nu = f(Ga, Fo)$; Г) $Nu = f(Eu, Fr)$. 20. Критерий подобия, учитывающий нестационарный тепловой режим (связь между скоростью изменения температуры и

температуропроводностью), называется: А) Нуссельта (Nu); Б) Био (Bi); В) Фурье (Fo); Г) Рейнольдса (Re).

Блок 4. Топливо и общее оборудование 21. Количество тепла, выделенное 1 кг топлива при превращении водяных паров в продуктах сгорания в жидкость, называется: А) Низшей теплотой сгорания; Б) Высшей теплотой сгорания; В) Удельной теплотой; Г) Условной теплотой. 22. Каким видам подготовки НЕ подвергается природный газ перед сжиганием? А) Очистке от серы; Б) Дроблению и сортировке; В) Осушке; Г) Подогреву. 23. Сырьем для производства динасовых огнеупоров служит: А) Глина; Б) Магнезит; В) Кварцит; Г) Алюмосиликат. 24. Из перечисленных материалов естественным теплоизоляционным материалом является: А) Шамот; Б) Магнезит; В) Динас; Г) Диатомит. 25. Как зависит коэффициент теплопроводности (λ) большинства металлов от повышения температуры? А) Не зависит; Б) Увеличивается; В) Уменьшается; Г) Сначала растет, потом падает.

5. Задания повышенного уровня сложности (Аналитический и эвристический уровень)

Данные задания предназначены для оценки сформированности компетенций ОПК-6 на высшем уровне, с учетом реальной практики металлургических предприятий.

Блок А. Задания на установление соответствия

Задание 1. Установите соответствие между типом металлургической печи и ее основной областью применения в цветной металлургии:

1. Печь взвешенной плавки (ПВП).
2. Печь кипящего слоя (КС).
3. Отражательная печь.
4. Электropечь кипящего слоя (или электрическая печь обогрева).

А) Обжиг сульфидных концентратов с высокой интенсификацией процесса за счет псевдооживленного слоя. Б) Плавка медно-никелевых концентратов на штейн с использованием электроэнергии для компенсации дефицита тепла. В) Автоклавное или печное окисление мелкозернистого сырья в потоке газа. Г) Плавка обожженного огарка или кускового сырья на штейн с низким содержанием серы.

Блок Б. Ситуационные задачи (Кейсы для металлургов)

Кейс 1. Выбор типа печи для обжига сульфидного концентрата На медеплавильном заводе стоит задача реконструкции отделения обжига. Текущие печи кипящего слоя (КС) работают нестабильно из-за высокого содержания влаги в концентрате (более 10%) и частых «козлов» (зависаний) в шахте. Главный технолог предлагает заменить их на печи взвешенной плавки (ПВП), а его оппонент настаивает на переходе на автоклавное окисление. *Вопросы:*

1. В чем принципиальная разница в гидродинамике слоя между печью КС и печью ПВП?
2. Как наличие влаги в концентрате влияет на тепловой баланс печи КС и почему это вызывает зависания?
3. Обоснуйте выбор оборудования: в каком случае переход на ПВП будет экономически и технологически оправдан, а когда лучше рассмотреть гидрометаллургические методы (автоклав)?

Кейс 2. Проблема стойкости футеровки отражательной печи На отражательной плавке медно-никелевых руд началось ускоренное разрушение магнезитовой футеровки в зоне шлаковых окон и горелочных устройств. Анализ показал, что шлак имеет высокую основность (соотношение $\text{CaO}/\text{SiO}_2 > 1,2$), а температура в рабочем пространстве достигает $1350\text{ }^\circ\text{C}$. Начальник цеха требует заменить магнезитовый кирпич на динасовый, чтобы «снизить затраты». *Вопросы:*

1. Оцените химическую совместимость магнезитового (основной) и динасового (кислый) огнеупоров с основным шлаком. Кто из специалистов прав в выборе материала?
2. Какие физико-химические процессы (образование легкоплавких эвтектик, проникание шлака в поры) приводят к разрушению неправильно подобранного огнеупора?
3. Какой современный тип огнеупора (хромомагнезитовый, периклазошпинельный) вы порекомендуете для замены, чтобы повысить кампанию печи до 3-4 лет?

6. Ключи и критерии оценивания

Ответы к тестовым заданиям (1-25): 1-Г; 2-Б; 3-Г; 4-Г; 5-Б; 6-В; 7-Б; 8-В; 9-В; 10-Г; 11-В; 12-А; 13-Г; 14-В; 15-В; 16-В; 17-Б; 18-Б; 19-А; 20-В; 21-Б; 22-Б; 23-В; 24-Г; 25-В.
(Оценивание: 1 балл за каждый верный ответ. Максимум 25 баллов).

Ответы к заданию на соответствие:

- **Задание 1:** 1-А, 2-В, 3-Г, 4-Б. (Оценивание: 2 балла за полностью верное соответствие, 1 балл за одну ошибку).

Критерии оценивания Ситуационных задач (Кейсов): Максимум — 15 баллов за каждый кейс.

- **12-15 баллов (Отлично):** Студент демонстрирует глубокое понимание физико-химии металлургических процессов. В Кейсе 1 верно описывает, что ПВП (в отличие от КС) работает с предварительно высушенным и тонкоизмельченным сырьем, а влага в КС вызывает резкое падение температуры в зоне реакции и спекание частиц. В Кейсе 2 четко указывает на недопустимость использования динаса (кислый SiO_2) с основным шлаком (CaO , MgO) из-за бурной химической реакции и образования легкоплавких силикатов. Рекомендует хромомагнезитовые огнеупоры.

- **8-11 баллов (Хорошо):** Студент понимает суть проблемы, верно определяет класс огнеупоров или тип печи, но допускает неточности в описании гидродинамики или теплового баланса.
- **5-7 баллов (Удовлетворительно):** Поверхностное понимание. Студент дает общие рекомендации («нужно поставить хорошую печь», «нужно взять прочный кирпич») без опоры на теорию термодинамики и химии шлаков.
- **0-4 баллов (Неудовлетворительно):** Грубые ошибки в понимании принципов работы оборудования (например, предложение плавить влажный концентрат в ПВП без сушки или использование динаса для кислых шлаков).