

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 СРЕДСТВ<sup>1</sup>**  
**по дисциплине**

**«Введение в профиль»**

**Факультет:** Горно-технологический (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:**

Ст. преподаватель

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

А.Д. Бородин

(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

<sup>1</sup> 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 *Введение в профиль* разработан для текущей/ промежуточной аттестации разработан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy на основе Рабочей программы дисциплины *Введение в профиль*, 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:** ПК-1 **Содержание:** Способен осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии. **Индикатор достижения:** ПК-1.1. Применяет знания теплофизики для составления материальных и тепловых балансов металлургических печей и агрегатов.

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

- **Знать:** основные законы теплопередачи (теплопроводность, конвекция, излучение), критерии теплового подобия, теорию горения топлива, свойства огнеупорных материалов и принципы работы металлургических печей.
- **Уметь:** рассчитывать тепловые потоки через ограждающие конструкции, определять критерии подобия ( $Nu$ ,  $Re$ ,  $Pr$ ,  $Gr$ ,  $Fo$ ,  $Bi$ ), составлять тепловой баланс плавильного агрегата и оценивать его КПД.
- **Владеть:** навыками инженерных теплотехнических расчетов, методами выбора рационального режима работы печи и приемами снижения тепловых потерь в металлургическом производстве.

---

## 2. Паспорт фонда оценочных средств

### Раздел 1. Основы теплопередачи и теплопроводности.

- Формируемая компетенция: ПК-1
- Оценочные средства: Конспект, тестовые задания.
- Показатели оценки: Наличие конспекта, успешное решение теста.

### Раздел 2. Конвективный теплообмен и критерии подобия.

- Формируемая компетенция: ПК-1
- Оценочные средства: Тестовые задания, расчетные задачи.

- Показатели оценки: Правильное определение критериев подобию, корректность расчетов.

### **Раздел 3. Лучистый теплообмен в металлургических печах.**

- Формируемая компетенция: ПК-1
- Оценочные средства: Собеседование, тестовые задания.
- Показатели оценки: Объем знаний по теме, понимание законов излучения абсолютно черного и серого тел.

### **Раздел 4. Топливо, теория горения и тепловые расчеты.**

- Формируемая компетенция: ПК-1
- Оценочные средства: Тестовые задания, ситуационные кейсы.
- Показатели оценки: Умение рассчитывать теплоту сгорания и составлять тепловой баланс.

### **Раздел 5. Огнеупорные материалы и тепловые потери печей.**

- Формируемая компетенция: ПК-1
- Оценочные средства: Тестовые задания.
- Показатели оценки: Знание классификации огнеупоров и методов расчета теплоизоляции.

### **Промежуточная аттестация (Экзамен / Зачет с оценкой).**

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

---

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

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой (или Экзамен). **Пороговый (минимальный) уровень:** 75 % от максимально возможной суммы баллов.

#### **Шкала оценивания (процент от максимальной суммы баллов):**

- **0 – 64 %** – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень, дисциплина не освоена).
- **65 – 74 %** – «удовлетворительно» (пороговый минимальный уровень, есть неточности в расчетах).
- **75 – 84 %** – «хорошо» (средний уровень, уверенное владение материалом).
- **85 – 100 %** – «отлично» (высокий уровень, глубокое понимание процессов, безошибочные расчеты).

## Критерии оценки текущих заданий:

- **Тест:** 1 балл за каждый верный ответ.
  - **Расчетная задача / Кейс:** до 15 баллов (оценивается правильность исходных данных, ход решения, физический смысл полученного результата).
- 

## 4. Типовые контрольные задания (Тестовые задания)

Ниже приведен очищенный и методически выверенный Вариант 1 (25 вопросов).

1. Как зависит коэффициент теплопроводности ( $\lambda$ ) для большинства твердых материалов от температуры? А) не зависит; Б) по линейному закону ( $\lambda = \lambda_0(1+bt)$ ); В) по логарифмическому закону; Г) по квадратичному закону.
2. Укажите число подобия, учитывающее нестационарный (изменяющийся во времени) тепловой режим: А) Нуссельта ( $Nu$ ); Б) Рейнольдса ( $Re$ ); В) Фурье ( $Fo$ ); Г) Грасгофа ( $Gr$ ).
3. Плотность теплового потока через плоскую стенку равна  $1000 \text{ Вт/м}^2$ . Чему равен тепловой поток через эту стенку, если ее площадь составляет  $3 \text{ м}^2$ ? А) надо знать время; Б)  $3000 \text{ Вт}$ ; В)  $333 \text{ Вт}$ ; Г) надо знать коэффициент теплопроводности.
4. Количество тепла, проходящее через единицу площади изотермической поверхности в единицу времени, называется: А) тепловым потоком; Б) плотностью теплового потока; В) коэффициентом теплопроводности; Г) коэффициентом теплоотдачи.
5. Основным законом теплопроводности является закон: А) Фурье ( $q = -\lambda \text{ grad } t$ ); Б) Ньютона-Рихмана ( $Q = \alpha F \Delta t$ ); В) Стефана-Больцмана ( $E_0 = \sigma_0 T^4$ ); Г) Кирхгофа.
6. Отношение плотности потока излучения реального тела к плотности потока излучения абсолютно чёрного тела при той же температуре называется: А) спектральной плотностью потока излучения; Б) степенью черноты ( $\epsilon$ ); В) коэффициентом теплового излучения; Г) оптической плотностью.
7. Укажите критериальное уравнение, описывающее теплообмен при вынужденной конвекции: А)  $Nu = f(Re, Pr)$ ; Б)  $Nu = f(Gr, Pr)$ ; В)  $Nu = f(Fo, Bi)$ ; Г)  $Re = f(Gr, Pr)$ .
8. Величина  $\alpha$  называется коэффициентом теплоотдачи и численно равна: А) количеству теплоты, проходящей через единицу площади при градиенте температур  $1 \text{ К}$ ; Б) скорости изменения температуры в теле; В) количеству теплоты, отдаваемой единицей поверхности в единицу времени при разности температур между стенкой и средой  $1 \text{ К}$ ; Г) градиенту температур.
9. Какой параметр является главным признаком классификации материалов по огнеупорности? А) минеральный состав; Б) плотность; В) способ формования; Г) температура начала деформации под нагрузкой (огнеупорность).

10. Какое из перечисленных веществ является основным сырьем для производства диоксидных огнеупоров? А) глина; Б) магнезит; В) кварцит; Г) алюмосиликат.
11. 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 %.
12. Из перечисленных материалов назовите естественный теплоизоляционный материал: А) шамот; Б) магнезит; В) диоксид; Г) диатомит.
13. Рассчитайте значение числа Нуссельта ( $Nu$ ), если коэффициент теплоотдачи  $\alpha = 110$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), характерный размер (толщина пластины)  $\delta = 0,02$  м, коэффициент теплопроводности среды  $\lambda = 20$  Вт/(м·К). А)  $Nu = 32$ ; Б)  $Nu = 0,11$ ; В)  $Nu = 22$ ; Г)  $Nu = 110$ .
14. Распределение спектральной плотности потока излучения по длинам волн в зависимости от температуры устанавливает закон: А) Планка; Б) Стефана-Больцмана; В) Ламберта; Г) Кирхгофа.
15. Каков типичный температурный диапазон электрических среднетемпературных термических печей? А) 1250–1500 °С; Б) 600–900 °С; В) 650–1250 °С; Г) в зависимости от вида термической обработки.
16. Количество тепла, выделенное 1 кг (или 1 м<sup>3</sup>) топлива при условии, что водяные пары в продуктах сгорания сконденсировались и выделили теплоту парообразования, называется: А) нижней теплотой сгорания топлива; Б) высшей теплотой сгорания топлива; В) удельной теплотой сгорания; Г) условной теплотой сгорания.
17. Каким видам подготовки может подвергаться твердое природное топливо перед сжиганием? А) вообще не подвергается подготовке; Б) только термическому обжигу; В) дроблению, сортировке и сушке; Г) только механической сортировке.
18. Если к газу подводится тепло, то его энтропия: А) уменьшается; Б) увеличивается; В) остается постоянной; Г) зависит от изменения давления.
19. Если система не обменивается с окружающей средой ни энергией, ни веществом, то она называется: А) закрытой; Б) изолированной; В) открытой; Г) адиабатной.
20. Процесс, в котором происходит превращение теплоты в работу или передача энергии от тел с меньшим потенциалом к телам с большим потенциалом (требует затраты внешней работы), называется: А) стационарным; Б) несамопроизвольным; В) нестационарным; Г) самопроизвольным.
21. Площадь под кривой процесса в  $PV$ -координатах численно равна: А) теплоте; Б) энтальпии; В) работе; Г) изменению внутренней энергии.
22. Чему равен показатель политропы ( $n$ ) в изобарном процессе? А)  $n = \infty$ ; Б)  $n = 0$ ; В)  $n = 1$ ; Г)  $n = k$  (показатель адиабаты).
23. В изотермическом процессе теплоемкость идеального газа равна: А) нулю; Б) единице; В) бесконечности; Г) может принимать разные значения.

24. Какая величина остается постоянной в политропном процессе идеального газа? А) давление; Б) температура; В) теплоемкость процесса; Г) объем.
25. Какое из утверждений верно для коэффициента теплопроводности газов? А) он не зависит от температуры; Б) он увеличивается с ростом температуры; В) он уменьшается с ростом температуры; Г) он равен нулю.

---

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

### Блок А. Задания на установление соответствия

**Задание 1. Установите соответствие между критерием теплового подобия и его физическим смыслом:**

1. Число Рейнольдса (Re).
2. Число Прандтля (Pr).
3. Число Грасгофа (Gr).
4. Число Био (Bi).

А) Отношение подъемных сил, возникающих вследствие разности плотностей при свободной конвекции, к силам вязкости. Б) Отношение инерционных сил к силам вязкого трения, характеризует режим течения жидкости/газа. В) Отношение термического сопротивления теплопроводности внутри тела к термическому сопротивлению теплоотдачи на его поверхности. Г) Отношение коэффициентов температуропроводности и кинематической вязкости, характеризует физические свойства среды.

### Блок Б. Ситуационные задачи (Кейсы для металлургов)

**Кейс 1. Тепловой баланс и КПД плавильной печи** При эксплуатации отражательной печи для плавки медного концентрата технолог зафиксировал резкое снижение термического КПД агрегата. Анализ показал, что температура отходящих газов выросла с 600 °С до 850 °С, а толщина шлакового гарнисажа на стенах печи уменьшилась. *Вопросы:*

1. Как изменение толщины гарнисажа повлияет на коэффициент теплопередачи через стенку печи и тепловые потери в окружающую среду?
2. Какие основные статьи расхода теплоты в тепловом балансе печи увеличатся при росте температуры отходящих газов?
3. Предложите два инженерных решения для утилизации тепла отходящих газов (например, установка котла-утилизатора) и оцените их влияние на общий КПД агрегата.

**Кейс 2. Выбор огнеупорной футеровки** Необходимо выбрать материал для футеровки рабочей зоны печи взвешенной плавки (ПВП), где температура достигает 1350 °С, а шлак

имеет высокую основность (соотношение  $\text{CaO}/\text{SiO}_2 > 1.5$ ). В распоряжении инженера есть шамотный кирпич (кислый) и магнезитовый кирпич (основной). *Вопросы:*

1. Какой из двух материалов вы выберете и почему? Обоснуйте выбор с точки зрения химического взаимодействия шлака и футеровки.
2. Что произойдет с шамотным кирпичом (содержащим  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) при контакте с высокоосновным шлаком при высокой температуре?
3. Какой дополнительный фактор (кроме химической стойкости) необходимо учесть при расчете толщины футеровки для обеспечения безопасности кожуха печи?

---

## 6. Ключи и критерии оценивания

**Ответы к тестовым заданиям (Вариант 1, 1-25):** 1-Б; 2-В; 3-Б; 4-Б; 5-А; 6-Б; 7-А; 8-В; 9-Г; 10-В; 11-Б; 12-Г; 13-Б ( $\text{Nu} = 110 * 0.02 / 20 = 0.11$ ); 14-А; 15-В; 16-Б; 17-В; 18-Б; 19-Б; 20-Б; 21-В; 22-Б; 23-В; 24-В; 25-Б. (*Оценивание: 1 балл за каждый верный ответ. Максимум 25 баллов*).

**Ответы к заданию на соответствие:**

- **Задание 1:** 1-Б, 2-Г, 3-А, 4-В. (*2 балла за полное 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 теплотехники металлургических процессов. В Кейсе 1 верно указывает, что уменьшение гарнисажа снижает общее термическое сопротивление стенки, увеличивая теплопотери, а рост температуры газов увеличивает статью "теплота с уходящими газами". Предлагает рекуператор или котел-утилизатор. В Кейсе 2 обоснованно выбирает магнезитовый кирпич, так как кислый шамот будет быстро разъедаться основным шлаком с образованием легкоплавких силикатов.
- **8-11 баллов (Хорошо):** Студент понимает суть проблемы, предлагает верные пути решения, но допускает неточности в формулировках (например, путает высшую и низшую теплоту сгорания или не может точно назвать продукты химической реакции шлака с футеровкой).
- **5-7 баллов (Удовлетворительно):** Понимание проблемы поверхностное. Решения носят общий характер («нужно утеплить печь», «нужно взять кирпич попрочнее») без теплотехнического обоснования.
- **0-4 баллов (Неудовлетворительно):** Неверное понимание сути кейса, предложение решений, которые приведут к аварии (например, выбор кислого огнеупора для основного шлака).