

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Игнатенко Виталий Иванович

Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике

Дата подписания: 24.06.2025

Уникальный программный ключ:

a49ae343af5448d45d7e3e1e499659da8109ba78

**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**

**«Металлургические печи»**

**Факультет:** Горно-технологический (ГТФ)

**Направление подготовки:** 22.04.02 «Металлургия»

**Направленность (профиль):** Металлургия цветных металлов

**Уровень образования:** магистратура

**Кафедра** металлургии, машин и оборудования

наименование кафедры

**Разработчик ФОС:**

к.т.н., доцент

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Н.В. Кармановская

(ФИО)

Оценочные материалы по дисциплине рассмотрены и одобрены на заседании кафедры, протокол № 2 от «07» 05 2025 г.

Заведующий кафедрой к.т.н., доц. Крупнов Л.В.

<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.

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),  
соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы**

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК-1 Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии	ОПК-1.2 Демонстрирует умение выбора оптимальных технологий для конкретного производственного процесса

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

<b>Контролируемые разделы (темы) дисциплины</b>	<b>Формируемая компетенция</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Показатели оценки</b>
Теплофизика, газодинамика, горение, подготовка металлургического сырья и его производство	ОПК-1	Конспект, тестовые задания	Есть/нет, решение теста
Расчетно-теоретические и промышленные исследования работ печей, расчет материальных и тепловых балансов печей: ПВП, ПВ, РТП, КС	ОПК-1	Конспект, тестовые задания	Есть/нет, решение теста
Огнеупорные материалы	ОПК-1	Конспект, тестовые задания	Есть/нет, решение теста
Теплообмен в рабочем пространстве металлургических печей, изучение оборудования для тепловой обработки металлов, движение газов в металлургических печах, основы теории подобия и моделирования, тепломассообмен, устройство и принцип работы	ОПК-1	Собеседование, тестовые задания	Полнота раскрытия материала, Решение теста

металлургических печей			
Первый и второй закон термодинамики, топливо и основы теории горения, тепловые двигатели	ОПК-1	Тестовые задания	Решение теста
Зачет (заочная форма обучения)	ОПК-1	Собеседование	Полнота раскрытия темы
Экзамен (очная, заочная форма обучения)	ОПК-1	Курсовой проект, итоговый тест	1. Выполнение курсового проекта 2. Решение теста

**1 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b><i>Промежуточная аттестация в форме «Зачета» (для заочной формы обучения)</i></b>				
	Собеседование	По окончании обучения по дисциплине	от 0 до 5 баллов	Зачет/Незачет, полнота раскрытия материала
<b><i>Промежуточная аттестация в форме «Экзамен» (для очной и заочной формы обучения)</i></b>				
	Тестовые задания	По расписанию после выполнения курсового проекта		Зачет/Незачет
	ИТОГО:	-	___ баллов	-
<b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b> Пороговый (минимальный) уровень для аттестации в форме зачета – 75 % от максимально возможной суммы баллов Зачет выставляется при сдаче студентом всех тестовых заданий				

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b><i>Промежуточная аттестация в форме «Экзамен» (для заочной формы обучения)</i></b>				
	Кейсовое задание	Выполнение в течении	от 0 до 10 баллов по критериям	Оценка от 2 до 5

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
		обучения по дисциплине и защита		
	ИТОГО:	-	___ баллов	-
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>				

**2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

**2.1 Задания для текущего контроля успеваемости**

**1.Теплофизика, газодинамика, горение, подготовка металлургического сырья и его производство**

**Тестовое задание**

1.1.Способы задания состава газовой смеси

**А) массовыми, объемными, мольными долями**

Б) по химическому составу компонентов

В) по количеству атомов, входящих в состав смеси компонентов

Г) по химической активности компонентов

1.2. Какая масса топлива является наиболее стабильной по составу

А) рабочая

Б) горючая

**В) сухая**

Г) подготовленная

1.3.Как влияет выход летучих на процесс горения

А) не оказывает влияния

Б) увеличивает объем пламени

**В) снижает температуру горения топлива**

Г) уменьшает объем пламени

1.4. Количество тепла, выделенное 1 кг (1 м<sup>3</sup>) топлива при превращении водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания, в жидкость, называется

А) низшей теплотой сгорания топлива

Б)высшей теплотой сгорания топлива

**В) удельной теплотой сгорания топлива**

Г) условной теплотой сгорания топлива

1.5. Каким видам подготовки может подвергаться природное топливо

А) вообще не подвергается подготовке

Б) термическому обжигу

**В) дроблению, сортировке, сушке**

Г) механической сортировке

## 2. Расчетно-теоретические и промышленные исследования работ печей, расчет материальных и тепловых балансов печей: ПВП, ПВ, РТП, КС

### Тестовое задание

2.1. К печам с полной или частичной теплогенерацией за счет химической энергии сырьевых материалов не относятся

- А) Печи кипящего слоя (КС)
- Б) Конвертеры
- В) **Анодные печи**
- Г) Печи взвешенной плавки (ПВП)

2.2. К плавки сырья в фильтрующем слое относится

- А) процесс Норанда
- Б) процесс Мицубиси
- В) шахтная плавка
- Г) финская плавка

2.3. Каков температурный диапазон электрических среднетемпературных термических печей, °С

- А) **1250-1500**
- Б) 600-900
- В) 650-900
- Г) в зависимости от вида термической обработки

2.4. Каким способом передается большая часть теплоты в высокотемпературных печах

- А) теплопроводностью
- Б) конвекцией
- В) **тепловым излучением**
- Г) теплопроводностью и конвекцией

2.5. Состояние системы, в которой распределение значений параметров не меняется во времени, называется

- А) **стационарным**
- Б) нестационарным
- В) самопроизвольным
- Г) несамопроизвольным

## 3. Огнеупорные материалы

### Тестовое задание

3.1. Какой параметр является признаком классификации материалов по огнеупорности

- А) **минеральный состав**
- Б) плотность
- В) способ фомования
- Г) температура

3.2. Какой примерный состав шамотных материалов

- А)  $Al_2O_3$  72-90 %
- Б)  **$Al_2O_3$  28-45 %**
- В) MgO 35-40 %
- Г)  $ZrO_2$  25 %

3.3. Какие огнеупорные материалы в соответствии с технической классификацией относятся к группе основных огнеупоров

- А) **в составе преобладает  $SiO_2$**
- Б) в составе преобладает  $Al_2O_3$
- В) в составе преобладает CaO
- Г) в составе преобладает MgO

3.4. Какой из перечисленных материалов относится к кремнеземистым

- А) шамот
- Б) муллитокорунд

В) магнезит

Г) динас

3.5. 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

#### **4. Теплообмен в рабочем пространстве металлургических печей, изучение оборудования для тепловой обработки металлов, движение газов в металлургических печах, основы теории подобия и моделирования, тепломассообмен, устройство и принцип работы металлургических печей**

##### **Тестовое задание**

4.1. Закон Планка устанавливает связь между

А) излучательной и поглотительной способностями тела

Б) плотностью потока интегрального излучения и температурой

В) спектральной плотностью излучения, температурой и длиной волны

Г) плотностью потока излучения и длиной волны

4.2. Физическая величина, характеризующая интенсивность теплоотдачи при известном изменении температуры, называется

А) термическим сопротивлением

Б) коэффициентом термической проводимости

В) коэффициентом температуропроводности

Г) коэффициентом теплоотдачи

4.3. Какова природа передачи теплоты теплопроводностью

А) перемещение атомов и молекул вещества от нагретой части тела к холодной

Б) перемещение ионов вещества от нагретой части тела к холодной

В) распространение в теле электромагнитных волн

Г) увеличение интенсивности колебательного и поступательного движения электронов, атомов, ионов за счет их соударения

4.4. Распределение спектральной плотности потока излучения по длинам волн в зависимости от температуры устанавливает закон

А) Планка

Б) Стефана-Больцмана

В) Ламберта

Г) Киргофа

4.5. Укажите необходимое условие теплопередачи

А) наличие температурного поля

Б) постоянство температуры во всех точках пространства

В) разность в плотностях

Г) наличие разности температур передающих тел

#### **5 Первый и второй закон термодинамики, топливо и основы теории горения, тепловые двигатели**

##### **Тестовое задание**

5.1. В изотермическом процессе теплоемкость газа равна

А) нулю

Б) единице

В) бесконечности

Г) может принимать разные значения в зависимости от конкретных условий протекания процесса

5.2. Какая величина остается постоянной в политропном процессе в идеальном газе

- А) давление
- Б) температура
- В) **теплоемкость**
- Г) объем

5.3. Площадь под кривой процесса в PV- координатах численно равна

- А) теплоте
- Б) энтальпии

**В работе**

- Г) объему

5.4. Чему равен показатель политропы в изобарном процессе

- А)  $n = \pm\infty$
- Б)  $n = 0$
- В)  **$n = 1$**
- Г)  $n = K$

5.5. Если тепло к газу подводится, то энтропия

- А) уменьшается
- Б) **увеличивается**
- В) остается постоянной
- Г) зависит от изменения температуры

### **Задание на курсовой проект**

Рассчитать материальный баланс плавки на штейн медно-никелевого сырья в печи взвешенной плавки.

На плавку направляется шихта, содержащая 70% концентрата Талнахской обогатительной фабрики (ТОФ), 20% концентрата Норильской обогатительной фабрики (НОФ) и 10% сульфидного концентрата.

Химический состав концентрата ТОФ, %: Ni – 8,0; Cu – 4,0; Co – 0,3; Fe – 45,0; S – 31,0; SiO<sub>2</sub> – 1,9; CaO – 1,91; MgO – 0,71; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,80; прочие – остальное.

Химический состав концентрата НОФ, %: Ni – 5,7; Cu – 2,5; Co – 0,31; Fe – 46,57; S – 34,01; SiO<sub>2</sub> – 2,5; CaO – 0,3; MgO – 0,44; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,1; прочие – остальное.

Химический состав сульфидного концентрата, %: Ni – 11,0; Cu – 3,66; Co – 0,39; Fe – 33,2; S – 27,5; SiO<sub>2</sub> – 2,7; CaO – 4,2; MgO – 0,45; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 1,0; прочие – остальное.

Минералогический состав концентратов ТОФ и НОФ идентичен: медь содержится в виде халькопирита CuFeS<sub>2</sub>, никель – в виде пентландита NiFeS<sub>2</sub>, кобальт – в виде сульфида CoS, железо – в виде пирротина Fe<sub>7</sub>S<sub>8</sub> и магнетита Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; кроме того, содержатся оксиды пустой породы: SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и пр.

Минералогический состав сульфидного концентрата: ковеллин CuS, миллерит NiS, сульфид CoS, троилит FeS, гетит FeOOH, сера элементарная S<sub>эл</sub>; кроме того, содержатся оксиды пустой породы: SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и прочие. Содержание S<sub>эл</sub> в концентрате 5%.

Влажность всех компонентов шихты – 0,2%.

Десульфуризация – 70%.

Безвозвратные потери – 1%.

Коэффициент извлечения цветных металлов в штейн: медь – 97%, никель – 95%, кобальт – 70%.

Содержание в штейне:  $\Sigma(\text{Ni}+\text{Cu})$  – 40%, сера – 25%.

Считаем, что вся сера содержится в газовой фазе в виде диоксида серы SO<sub>2</sub>, небольшим содержанием триоксида серы SO<sub>3</sub> в технологических газах пренебрегаем.

Плавка ведется на шлак с содержанием 34% кремнезема SiO<sub>2</sub>. Содержание в шлаке в сульфидной форме: Cu – 70%; Ni – 40%, кобальт весь содержится в виде оксида CoO.

Для корректировки состава шлака используется речной песок, содержащий 78% SiO<sub>2</sub> и пр.

Влажность речного песка – 0,2%.

Из-за недостаточного смешивания компонентов шихты и воздуха в процессе плавки требуется избыточное содержание кислорода в дутье. Избыток кислорода принимаем равным 5%.

Обогащение кислородом КВС – 40%. Содержание кислорода в технологическом кислороде, используемом для получения КВС заданного состава, 95%.

Привести чертеж печи.

### Итоговый тест

ОЦЕНОЧНОЕ СРЕДСТВО	Компетенция
<p><b>1. Как зависит коэффициент теплопроводности <math>\lambda</math> для разных материалов от температуры?</b></p> <p>1. не зависит;                  2. по дифференциальному закону;                  3. по логарифмическому закону;                  4. по линейному закону</p>	ОПК-1
<p><b>2. Укажите число подобия, учитывающее нестационарный тепловой режим:</b></p> <p>1. Nu                  2. Bi                  3. Re                  4. Gr</p>	ОПК-1
<p><b>3. Плотность теплового потока через плоскую стенку равна 1000 Вт/м<sup>2</sup>. Чему равен тепловой поток через эту стенку, если ее площадь 3 м<sup>2</sup>?</b></p> <p>1. надо знать время;                  2. 3000 Вт;                  3. 330 Вт;                  4. надо знать коэффициент теплопроводности</p>	ОПК-1
<p><b>4. Количество тепла, проходящее через единицу площади изотермической поверхности в единицу времени, называется:</b></p> <p>1. тепловым потоком                  2. плотностью теплового потока                  3. коэффициентом теплопроводности                  4. коэффициентом теплоотдачи</p>	ОПК-1
<p><b>5. Основным законом теплопроводности является:</b></p> <p>1. <math>q = -\lambda \text{ grad}t</math>                  2. <math>Q = \alpha F (t_1 - t_2)</math>                  3. <math>E_0 = \sigma_0 * T^4</math>                  4. <math>E_1/A_1 = E_2/A_2 = E_0</math></p>	ОПК-1
<p><b>6. Отношение плотности потока излучения тела к плотности потока излучения абсолютно чёрного тела называется:</b></p> <p>1. спектральной плотностью потока излучения;                  2. коэффициентом теплового излучения;</p>	ОПК-1

3. степенью черноты; 4. плотностью потока излучения	
<b>7. Укажите уравнение подобия, описывающее теплообмен при вынужденной конвекции:</b>  1. $Nu = f(Re; Pr; Gr)$ 2. $Nu = f(Gr; St; Fo)$ 3. $Nu = f(Gr; Pr)$ 4. $Nu = f(Re; Pr)$	ОПК-1
<b>8. Величина <math>\alpha</math> называется коэффициентом теплоотдачи и численно равна:</b>  1. количеству теплоты, проходящей через единицу площади при градиенте температур 1К 2. скорости изменения температуры в теле 3. количеству теплоты, отдаваемой единицей поверхности в единицу времени при разнице температур 1 К 4. градиенту температур	ОПК-1
<b>9. Физическая величина, которая характеризует интенсивность теплоотдачи при известном изменении температуры, называется:</b>  1. термическим сопротивлением 2. коэффициентом термической проводимости 3. коэффициентом температуропроводности 4. коэффициентом теплоотдачи	ОПК-1
<b>10. Какой параметр является признаком классификации материалов по огнеупорности?</b>  1. минеральный состав 2. плотность 3. способ формования 4. температура	ОПК-1
<b>11. Какое из перечисленных веществ является сырьем для производства динаса?</b>  1. глина 2. магнезит 3. кварцит 4. алюмосиликат	ОПК-1
<b>12. Каков примерный состав шамотных материалов?</b>  1. $Al_2O_3$ 72 — 90% 2. $Al_2O_3$ 28 — 45% 3. MgO 35 – 40% 4. $ZrO_2$ 25%	ОПК-1
<b>13. Из перечисленных материалов назовите естественный теплоизоляционный материал:</b>  1. шамот 2. магнезит 3. динас 4. диатомит	ОПК-1

<p><b>14. Рассчитайте значение Nu, если скорость потока <math>\omega = 20</math> м/сек, толщина пластины <math>\delta = 20</math> мм, коэффициент теплоотдачи <math>\alpha = 110</math> Вт/м<sup>2</sup> · С<sup>0</sup>, коэффициент теплопроводности <math>\lambda = 20</math> Вт/м · С<sup>0</sup>.</b></p> <p>1. Nu = 32  2. Nu = 0,11  3. Nu = 22  4. правильного ответа нет</p>	ОПК-1
<p><b>15. Распределение спектральной плотности потока излучения по длинам волн в зависимости от температуры устанавливает:</b></p> <p>1. закон Планка  2. закон Стефана-Больцмана  3. закон Ламберта  4. закон Кирхгофа</p>	ОПК-1
<p><b>16. Рассчитайте значение Фурье, если известны следующие параметры: <math>a=1,18 \times 10^{-5}</math> м<sup>2</sup>/с, <math>t=2,5</math> часа, <math>d=400</math> мм</b></p> <p>1. рассчитать нельзя, не хватает исходных данных  2. Fo=0,66  3. Fo=2,66  4. Fo=26</p>	ОПК-1
<p><b>17. Каков температурный диапазон электрических среднетемпературных термических печей:</b></p> <p>1. 1250-1500  2. 600-900  3. 650-1250  4. в зависимости от вида термической обработки.</p>	ОПК-1
<p><b>18. Количество тепла, выделенное 1 кг (1м<sup>3</sup>) топлива при превращении водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания, в жидкость, называется:</b></p> <p>1. низшей теплотой сгорания топлива  2. высшей теплотой сгорания топлива  3. удельной теплотой сгорания топлива  4. условной теплотой сгорания топлива</p>	ОПК-1
<p><b>19. Каким видам подготовки может подвергаться природное топливо?</b></p> <p>1. вообще не подвергается подготовке  2. термическому обжигу  3. дроблению, сортировке и сушке  4. механической сортировке</p>	ОПК-1
<p><b>20. Для какого процесса справедливо соотношение:</b></p> $\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$ <p>1. изобарный  2. изохорный  3. изотермический  4. адиабатный</p>	ОПК-1

<p><b>21. Назовите калорические параметры состояния:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. теплота, работа, теплоёмкость</li> <li>2. внутренняя энергия, энтальпия, энтропия</li> <li>3. молекулярная масса, парциальное давление, температура</li> <li>4. коэффициент Пуассона, показатель политропы, газовая постоянная</li> </ol>	ОПК-1
<p><b>22. При увеличении объёма газа работа ...</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. совершается</li> <li>2. затрачивается</li> <li>3. остается постоянной</li> <li>4. зависит от давления</li> </ol>	ОПК-1
<p><b>23. Чему равно количество теплоты в адиабатном процессе?</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>q = c_v \cdot (T_2 - T_1)</math></li> <li>2. <math>q = 0</math></li> <li>3. <math>q = c_p \cdot (T_2 - T_1)</math></li> <li>4. <math>q = R \cdot T \cdot \ln \frac{P_1}{P_2}</math></li> </ol>	ОПК-1
<p><b>24. Если система не обменивается с другими системами или с окружающей средой ни энергией, ни веществом, то она называется:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закрытой</li> <li>2. Изолированной</li> <li>3. Открытой</li> <li>4. Адиабатной</li> </ol>	ОПК-1
<p><b>25. Процесс, в котором происходит превращение теплоты в работу или передача энергии от тел с меньшим потенциалом к телам с большим потенциалом, называется:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Стационарным</li> <li>2. Несамостоятельным</li> <li>3. Нестационарным</li> <li>4. Самостоятельным</li> </ol>	ОПК-1