

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Игнатенко Виталий Иванович

Должность: Проректор по образовательной деятельности и методологии образования

Дата подписания: 23.08.2024 12:38:01

Уникальный программный ключ:

a49ae343af5448d45d7e3e1e499659da8109ba78

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Заочный государственный университет им. Н.М. Федоровского»

(ЗГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по ОД и МП

Игнатенко В.И.

## Металлургическая теплотехника

### рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	<b>Металлургия цветных металлов</b>
Учебный план	22.03.02_бак_оч-заоч_МЦ-2024_прогрес.техн..plx Направление подготовки: Metallurgy
Квалификация	<b>бакалавр</b>
Форма обучения	<b>очно-заочная</b>
Общая трудоемкость	<b>6 ЗЕТ</b>

Часов по учебному плану	216
в том числе:	
аудиторные занятия	20
самостоятельная работа	169
часов на контроль	27

Виды контроля в семестрах:  
экзамены 7  
курсовые проекты 7

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	10			
Неделя	уп	рп	уп	рп
Лекции	8	8	8	8
Лабораторные	6	6	6	6
Практические	6	6	6	6
Итого ауд.	20	20	20	20
Контактная работа	20	20	20	20
Сам. работа	169	169	169	169
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

*Старший преподаватель Рогова Л.И.* \_\_\_\_\_

Согласовано:

*к.т.н Доцент Крупнов Л.В.* \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины

**Металлургическая теплотехника**

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Металлургия цветных металлов**

Протокол от 29.05.2024г. № 9

Срок действия программы: 2024-2028 уч.г.

Зав. кафедрой д.т.н., профессор, Н.Д. Ванюкова

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

д.т.н., профессор, Н.Д. Ванюкова      \_\_\_\_\_ 2025 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургия цветных металлов**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2025 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой д.т.н., профессор, Н.Д. Ванюкова

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

д.т.н., профессор, Н.Д. Ванюкова      \_\_\_\_\_ 2026 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургия цветных металлов**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2026 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой д.т.н., профессор, Н.Д. Ванюкова

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

д.т.н., профессор, Н.Д. Ванюкова      \_\_\_\_\_ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургия цветных металлов**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2027 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой д.т.н., профессор, Н.Д. Ванюкова

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

д.т.н., профессор, Н.Д. Ванюкова      \_\_\_\_\_ 2028 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургия цветных металлов**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2028 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой д.т.н., профессор, Н.Д. Ванюкова

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1	формирование у студентов систематизированных знаний о конструкциях металлургических печей, режимах их работы, закономерности процессов, химических реакциях, протекающих в печах, рабочих объемах и составе исходных веществ, для переработки в каждом виде печей. Изучение основных законов гидро- и газодинамики, переноса тепла и массы, а также закономерности технической термодинамики, механики газов.
-----	---

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

Цикл (раздел) ООП:		Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Физика	
2.1.2	Материаловедение	
2.1.3	Физическая химия	
2.1.4	Общие химические технологии	
2.1.5	Введение в профиль	
2.1.6	Физика	
2.1.7	Материаловедение	
2.1.8	Физическая химия	
2.1.9	Общие химические технологии	
2.1.10	Введение в профиль	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ПК-1.1: Применяет знания основных закономерностей протекания металлургических процессов для повышения эффективности производства цветных металлов**

**Знать:**

**Уметь:**

**Владеть:**

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	<b>Раздел 1. Семестр 5</b>						
1.1	Основные положения тепловой работы металлургических печей /Лек/	7	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.2	Основные положения тепловой работы металлургических печей /Ср/	7	12	ПК-1.1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.3	Сжигание и расчёт горения топлива в металлургических печах /Лек/	7	1	ПК-1.1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.4	Сжигание и расчёт горения топлива в металлургических печах /Пр/	7	1	ПК-1.1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	

1.5	Сжигание и расчёт горения топлива в металлургических печах /Лаб/	7	1	ПК-1.1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.6	Сжигание и расчёт горения топлива в металлургических печах /Ср/	7	18	ПК-1.1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.7	Материалы, строительные элементы и оборудование печей /Лек/	7	1	ПК-1.1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.8	Материалы, строительные элементы и оборудование печей /Лаб/	7	1	ПК-1.1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.9	Материалы, строительные элементы и оборудование печей /Ср/	7	15	ПК-1.1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.10	Расчёты материальных и тепловых балансов /Лек/	7	1	ПК-1.1	Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.11	Расчёты материальных и тепловых балансов /Пр/	7	1	ПК-1.1	Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.12	Расчёты материальных и тепловых балансов /Ср/	7	12	ПК-1.1	Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.13	Сушильные и обжиговые печи цветной металлургии /Лек/	7	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.14	Сушильные и обжиговые печи цветной металлургии /Пр/	7	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.15	Сушильные и обжиговые печи цветной металлургии /Лаб/	7	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.16	Сушильные и обжиговые печи цветной металлургии /Ср/	7	16	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.17	Плавильные печи цветной металлургии /Лек/	7	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.18	Плавильные печи цветной металлургии /Пр/	7	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.19	Плавильные печи цветной металлургии /Лаб/	7	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.20	Плавильные печи цветной металлургии /Ср/	7	24	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	

1.21	Печи смешанного типа /Лек/	7	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.22	Печи смешанного типа /Пр/	7	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.23	Печи смешанного типа /Лаб/	7	2	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.24	Печи смешанного типа /Ср/	7	24	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.25	Газоочистные аппараты /Лек/	7	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.26	Газоочистные аппараты /Пр/	7	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.27	Газоочистные аппараты /Ср/	7	24	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.28	Способы и устройства для использования вторичных энергоресурсов /Ср/	7	24	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 5.1. Контрольные вопросы и задания

1. Определение металлургической печи как теплового агрегата. Классификация печных процессов, печных продуктов и печей.
2. Пять основных процессов, протекающих в рабочем пространстве печи. Основные положения комплексной теории печей.
3. Законы и уравнения газового состояния: Авогадро, Гей-Люссака, Бойля-Мариотта, Шарля, Менделеева-Клайперона. Распространение этих законов на системы печных газов.
4. Уравнение сплошности (неразрывности) струи для установившегося движения.
5. Понятие о напорах. Типы напоров в идеальных и реальных газовых системах.
6. Уравнение Бернулли для идеального и реального газа.
7. Характер движения газов: ламинарный, критический, турбулентный. Влияние критерия Осборна Рейнольдса на физико-химические процессы в печах.
8. Истечение идеального и реального газа через отверстие. Расчет нормальной и рабочей скорости истечения газов. Коэффициент сужения струи.
9. Движение газов в свободном пространстве. Типы струй. Эпюры струй. Формула Абрамовича.
10. Естественная и искусственная тяга в печи. Геометрический напор дымовой трубы. Понятие об искусственной тяге косвенного действия по способу эжекции.
11. Сопrotивление движению газов. Потери напоров на трение, местные и геометрические. Уравнение напора дымовой трубы.
12. Движение газов в рабочем пространстве металлургических печей (трубчатой, отражательной, печи КС, конвертора).
13. Моделирование движения газов. Основные понятия о критериях подобия.
14. Основные понятия теплопередачи. Стационарное и нестационарное тепловое поле. Три способа передачи тепла. Суммарная теплопередача в металлургических печах.
15. Теплопроводность. Коэффициент теплопроводности. Уравнение Фурье для однослойных и многослойных плоских стенок.
16. Теплопроводность. Коэффициент теплопроводности. Уравнение Фурье для однослойных и многослойных цилиндрических стенок.
17. Конвекция. Уравнение Ньютона для конвекции. Два способа выражения конвекции: алгебраический и критериальный. Коэффициенты конвекции по Нуссельту, Доброхотову и Крауссольду.
18. Излучение. Степень черноты идеальных и реальных систем. Законы излучения Планка и Вина.

19. Закон Стефана-Больцмана для идеальных тепловых потоков. Коэффициенты излучения и диафрагмирования.
20. Лучистый теплообмен и экранирование для твердых тел.
21. Основные положения излучения газов. Излучение газов и пламени.
22. Суммарная теплопередача от газа к газу и от жидкости к жидкости через многослойную плоскую стенку.
23. Материальные и тепловые балансы печного процесса.
24. Закон Гесса. Применение закона Гесса при расчете теплового баланса печи.
25. Понятие о топливе и его составных частях. Нагрев и горение топлива. Его классификация и свойства.
26. Состав и реакции горения твердого и жидкого топлива. Технический анализ твердого топлива.
27. Состав и реакции горения газового топлива. Технический анализ газового топлива.
28. Теплотворная способность топлива. Высшее и низшее значение теплотворной способности. Ее расчетное и опытное определение. Калорийный эквивалент теплотворности.
29. Возрастной ряд твердого топлива: древесина, торф, бурые и каменные угли, антрациты. Их свойства и область использования.
30. Коксование. Конструкция и эксплуатация коксовой батареи. Продукты коксования.
31. Жидкое топливо. Свойства, сорта и способы переработки жидкого топлива. Ректификационная переработка нефти.
32. Мазут и его свойства. Области его применения. Способы увеличения производства легкого моторного топлива из мазута и других видов топлива-крекинг.
33. Газовое топливо, его свойства и сорта. Природный газ и его применение в металлургии цветных металлов.
34. Газогенерация твердого топлива. Конструкция и эксплуатация газогенератора.
35. Устройства для сжигания топлива: горелки и форсунки.
36. Общие сведения об электронагреве. Законы Ома, Кирхгофа, Джоуля-Ленца. Определение мощности и расхода электроэнергии. Важнейшие способы электронагрева: сопротивление, дуга, индукция.
37. Электронагрев по типу сопротивления. Печи сопротивления с прямым и косвенным нагревом. Расчет элементов сопротивления.
38. Индукционный электронагрев. Использование принципа трансформации электроэнергии в индукционных печах. Разновидности индукционного электронагрева.
39. Индукционные печи с железным сердечником. Электродинамические эффекты, сопровождающие индукционный нагрев и меры по их устранению.
40. Индукционные печи без железного сердечника. Электродинамический поверхностный эффект и его использование в печах ТВЧ (токи высокой частоты).
41. Дуговой электронагрев и его разновидности. Газовые разряды и их вольт-амперные характеристики при постоянном токе.
42. Дуговые разряды переменного тока и их вольтамперные характеристики. Горение дуги переменного тока.
43. Типы электродов, используемых в металлургии. Конструкции графитовых и самоспекающихся электродов.
44. Материал для сооружения печей. Классификация и свойства огнеупорных материалов по ГОСТ.
45. Технологические и физико-химические основы производства огнеупорных изделий.
46. Шамотные изделия. Технологическая схема производства шамота. Свойства шамота. Области применения.
47. Магнезиальные и хромистые изделия. Их свойства и области применения.
48. Фундаменты и корпуса металлургических печей. Кладка. Падины и своды обжиговых и плавильных печей.
49. Гравитационные и инерционные пылеуловители.
50. Фильтрующие и мокрые пылеуловители.
51. Электростатические пылеуловители.
52. Основные типы обжиговых печей. Конструкция и эксплуатация барабанной (трубчатой) печи.
53. Конструкция и эксплуатация печи КС (кипящего слоя).
54. Конструкция и эксплуатация ПВП (печи взвешенной плавки).
55. Конструкция и эксплуатация печи РТП (рудно-термической).
56. Конструкция и эксплуатация ПВ (печи Ванюкова).
57. Конструкция и эксплуатация горизонтального конвертера.
58. Конструкция и эксплуатация ОЭП (обеднительной электропечи).
59. Конструкция и эксплуатация АМ (агломерационной машины).
60. Конструкция и эксплуатация анодной печи.

## 5.2. Темы письменных работ

Самостоятельная работа

## 5.3. Фонд оценочных средств

Критерии оценки знаний студентов при проведении тестирования. Тестовое задание по дисциплине содержит 25 вопросов.

- Оценка «отлично» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 80% тестовых заданий;
- Оценка «хорошо» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 60% тестовых заданий;
- Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента не менее 45%.

Критерии оценки знаний студентов при проведении промежуточной аттестации Экзаменационный билет содержит 3 вопроса.

- Оценка «отлично» выставляется при условии правильного и полного ответа студента на все три вопроса, а также на все дополнительные вопросы;
- Оценка «хорошо» выставляется при условии правильного ответа студента на все три вопроса, но при этом ответы

неполные или в них допущены неточности; даны ответы более чем на 50% дополнительных вопросов;

- Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии неполного ответа студента на все три вопроса либо дан полный ответ на два вопроса, на третий вопрос ответ отсутствует; даны ответы менее чем на 50% дополнительных вопросов.

#### 5.4. Перечень видов оценочных средств

Оценочные средства по категории "ЗНАТЬ": контрольные вопросы, тесты, экзаменационные билеты.

Оценочные средства по категории "УМЕТЬ": расчетные задания, тесты, экзаменационные билеты.

Оценочные средства по категории "ВЛАДЕТЬ": расчетные задания.

### 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### 6.1. Рекомендуемая литература

##### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие, размещение	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Телегин А.С., Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г.	Тепломассоперенос: Учебник для вузов	М.: Академкнига, 2002	3
Л1.2	Брюханов О.Н., Шевченко С.Н.	Тепломассообмен: учеб. пособие для вузов	М.: Изд-во АСВ, 2005	25
Л1.3	Тинькова С.М.	Металлургическая теплотехника: практикум	Красноярск, 2005	16
Л1.4	Набойченко С.С., Агеев Н.Г., Дорошкевич А.П. [и др.]	Процессы и аппараты цветной металлургии: учебник для вузов	Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005	5

##### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие, размещение	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Гущин С.Н. [и др.]	Теплотехника и теплоэнергетика металлургического производства: учебник для вузов	М.: Металлургия, 1993	5
Л2.2	Михеев М.А., Михеева И.М.	Основы теплопередачи: [учеб. пособие]	М.: Изд. Дом "БАСТЕТ", 2010	15

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Электронный каталог ЗГУ <a href="http://biblio.norvuz.ru">http://biblio.norvuz.ru</a>
----	---

##### 6.3.1 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	MS Windows 7 (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)
6.3.1.2	MS Office Standard 2013 (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)
6.3.1.3	MS Office Standard 2007 (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)
6.3.1.4	MS Windows XP (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)
6.3.1.5	ABBYY FineReader 10 (Номер лицензии 94965 от 25.08.2010)

##### 6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	Электронная библиотечная система <a href="http://www.iprbookshop.ru">www.iprbookshop.ru</a> ;
6.3.2.2	ЭБ ЗГУ

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	Учебные аудитории для проведения лекций;
7.2	Учебные аудитории для практических (семинарских) занятий;
7.3	Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, самостоятельной работы, текущего контроля и промежуточной аттестации;
7.4	Учебные аудитории для проведения лабораторных работ

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для успешного освоения учебного материала студенту необходимо ясно понимать значимость и место дисциплины в его профессиональной подготовке и активно участвовать во всех видах учебного процесса. По дисциплине учебным планом предусмотрена контактная и самостоятельная работа обучающегося.

Контактная работа включает лекционные, практические и лабораторные занятия, коллективные и индивидуальные консультации.



На лекционных занятиях необходимо внимательно слушать преподавателя, подробно и аккуратно вести конспект, который дополняется и корректируется в процессе самостоятельной проработки материала. Практические занятия предусмотрены для формирования умений и навыков применения теории на практике для решения профессиональных задач.

Перед лабораторным занятием студенту необходимо проработать предыдущий теоретический курс, используя конспект лекций и рекомендуемую литературу, а также ознакомиться с ходом работы в соответствии с источниками.

На практических занятиях студентами выполняются тематические и расчетные задания по темам курса. Студенту необходимо активно участвовать в учебном процессе, при необходимости задавать вопросы преподавателю.

Текущий контроль проводится в виде: защиты практических заданий и отчетов по лабораторным работам.

Для реализации самостоятельной работы созданы следующие условия и предпосылки:

1. студенты обеспечены информационными ресурсами в библиотеке ЗГУ (учебниками, учебными пособиями, банком индивидуальных заданий);
2. студенты обеспечены информационными ресурсами в локальной сети ЗГУ (в электронном виде выставлено методическое обеспечение дисциплины);
3. организованы еженедельные консультации.

Промежуточная аттестация по дисциплине. Подготовка к промежуточной аттестации включает проработку теоретического материала, ответы на контрольные вопросы. Вопросы, возникающие во время подготовки, можно выяснить во время консультации.

Для получения допуска студент должен выполнить, оформить и сдать все виды работ, предусмотренные тематическим планом учебной программы дисциплины.

Допуск выставляется только в случае положительной аттестации по всем контрольным точкам и после выполнения студентом всех видов самостоятельной и аудиторной работы.