

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Игнатенко Виталий Иванович

Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодёжному образованию

Дата подписания: 24.06.2025 20:33:47

Уникальный программный ключ:

a49ae343af5448d45d7e3e1e499659da8109ba78

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Заполярный 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 **Металлургии, машин и оборудования**

Учебный план 22.03.02_бак_очн_TM-2025+.plx
Направление подготовки: Metallurgy

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **6 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 216

в том числе:

аудиторные занятия 40

самостоятельная работа 131

часов на контроль 45

Виды контроля в семестрах:

экзамены 5

курсовые проекты 5

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
Неделя	10			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	20	20	20	20
Практические	20	20	20	20
В том числе инт.	18	18	18	18
В том числе электрон.	52	52	52	52
Итого ауд.	40	40	40	40
Контактная работа	40	40	40	40
Сам. работа	131	131	131	131
Часы на контроль	45	45	45	45
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

Старший преподаватель Рогова Л.И. _____

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

Металлургии, машин и оборудования

Протокол от 07.05.2025г. № 2

Срок действия программы: 2025-2029 уч.г.

Зав. кафедрой к.т.н., доцент Л.В. Крупнов

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

к.т.н., доцент Л.В. Крупнов _____ 2026 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры
Металлургии, машин и оборудования

Протокол от _____ 2026 г. № ____
Зав. кафедрой к.т.н., доцент Л.В. Крупнов

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

к.т.н., доцент Л.В. Крупнов _____ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры
Металлургии, машин и оборудования

Протокол от _____ 2027 г. № ____
Зав. кафедрой к.т.н., доцент Л.В. Крупнов

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

к.т.н., доцент Л.В. Крупнов _____ 2028 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры
Металлургии, машин и оборудования

Протокол от _____ 2028 г. № ____
Зав. кафедрой к.т.н., доцент Л.В. Крупнов

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

к.т.н., доцент Л.В. Крупнов _____ 2029 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры
Металлургии, машин и оборудования

Протокол от _____ 2029 г. № ____
Зав. кафедрой к.т.н., доцент Л.В. Крупнов

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
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
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	
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Основные процессы переработки металлургического сырья	
2.2.2	Переработка техногенных ресурсов	
2.2.3	Основные процессы переработки металлургического сырья	
2.2.4	Переработка техногенных ресурсов	

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

3.1	Знать:
3.1.1	
3.2	Уметь:
3.3	Владеть:

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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

1.4	Сжигание и расчёт горения топлива в металлургических печах /Пр/	5	4	ПК-1.1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	2	
1.5	Сжигание и расчёт горения топлива в металлургических печах /Ср/	5	18	ПК-1.1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.6	Материалы, строительные элементы и оборудование печей /Лек/	5	4	ПК-1.1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	2	
1.7	Материалы, строительные элементы и оборудование печей /Ср/	5	16	ПК-1.1	Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.8	Расчёты материальных и тепловых балансов /Лек/	5	4	ПК-1.1	Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	3	
1.9	Расчёты материальных и тепловых балансов /Пр/	5	8	ПК-1.1	Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	2	
1.10	Расчёты материальных и тепловых балансов /Ср/	5	16	ПК-1.1	Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.11	Сушильные и обжиговые печи цветной металлургии /Лек/	5	2	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	2	
1.12	Сушильные и обжиговые печи цветной металлургии /Пр/	5	5	ПК-1.1	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	2	
1.13	Сушильные и обжиговые печи цветной металлургии /Ср/	5	16	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.14	Плавильные печи цветной металлургии /Лек/	5	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.15	Плавильные печи цветной металлургии /Пр/	5	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.16	Плавильные печи цветной металлургии /Ср/	5	16	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.17	Печи смешанного типа /Лек/	5	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.18	Печи смешанного типа /Пр/	5	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.19	Печи смешанного типа /Ср/	5	16	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	

1.20	Газоочистные аппараты /Лек/	5	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	1	
1.21	Газоочистные аппараты /Пр/	5	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.22	Газоочистные аппараты /Ср/	5	16	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.23	Способы и устройства для использования вторичных энергоресурсов /Лек/	5	1	ПК-1.1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.24	Способы и устройства для использования вторичных энергоресурсов /Ср/	5	16	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. Сопротивление 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 кок-сования.
31. Жидкое топливо. Свойства, сорта и способы переработки жидкого топлива. Ректификационная переработка нефти.
32. Мазут и его свойства. Области его применения. Способы увеличения произ-водства 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 газогенера-тора.
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 элек-тронагрева: 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 элек-тронагрева.
39. Индукционные печи с железным сердечником. Электродинамические эффек-ты, сопровождающие индукционный нагрев и меры по их устранению.
40. Индукционные печи без железного сердечника. Электродинамический по-верхностный 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 НГИИ http://biblio.norvuz.ru			
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 www.iprbookshop.ru ;			
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.