

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

**Руководитель ОПОП ВО
В.Н. Бричкин**

**Проректор по образовательной
деятельности доцент Д.Г. Петраков**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

РАСЧЕТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Уровень высшего образования:	Магистратура
Направление подготовки:	22.04.02 Металлургия
Направленность (профиль):	Металлургия цветных металлов
Квалификация выпускника:	магистр
Форма обучения:	очная
Составитель:	доцент Фокина С.Б.

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Расчет и методы исследования пирометаллургических процессов» разработана:

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО магистратура по направлению подготовки «22.04.02 Metallургия», утвержденного приказом Минобрнауки России №308 от 24 апреля 2018 г.;

– на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «22.04.02 Metallургия» направленность (профиль) «Metallургия цветных металлов».

Составитель _____ доцент С.Б. Фокина

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Metallургия» от 27.01.2022., протокол № 12.

Заведующий кафедрой metallургии _____ д.т.н., проф. В.Н. Бричкин

Рабочая программа согласована:

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса _____ к.т.н. Иванова П.В.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

– формирование у магистрантов знаний в области пирометаллургических процессов, подготовка выпускников к решению профессиональных задач, связанных с научно-исследовательскими и проектными основами процессов получения цветных металлов пирометаллургическим способом, а также развитие творческого мышления и ознакомление с методологией научных исследований.

Основные задачи дисциплины:

– **изучение:** физико-химических методов получения металлов пирометаллургическим способом; конструкций пирометаллургических аппаратов и их эксплуатационных параметров; основных технологических характеристик футеровочных материалов; схем расчетов материального, теплового и электрических балансов аппаратов.

– **овладение** методами расчетов и исследований пирометаллургических процессов и аппаратов, а также использование их в проектировании основного аппаратного оформления и технологических схем.

– **формирование:** представлений о современном состоянии и тенденциях развития отечественной и мировой промышленности производства металлов пирометаллургическим методом; навыков научно-исследовательской работы в области пирометаллургических процессов и аппаратов; навыков практического применения знаний при проектировании пирометаллургических аппаратов и цеховых сооружений; способностей для решения технологических задач; мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области пирометаллургии.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Расчет и методы исследования пирометаллургических процессов» относится к дисциплинам «по выбору» части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «22.04.02 Metallургия» и изучается во 2 семестре.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Расчет и методы исследования пирометаллургических процессов» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного	УК-1	УК-1.1. Знать методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации.
		УК-1.2. Уметь применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации.

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
подхода, вырабатывать стратегию действий		УК-1.3. Владеть методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.
Способен проводить расчеты и делать выводы при решении задач, относящихся к профессиональной деятельности	ПКС-6	ПКС-6.1. Знать методики расчётов технических и технологических параметров требуемых режимов работы оборудования. Расчеты термодинамических параметров металлургических процессов ПКС-6.2. Уметь выполнять расчёты на основе методических указаний, анализировать результаты и делать выводы ПКС-6.3. Владеть проведением расчетов технологических и физических процессов в металлургии и металлообработке, оборудования, энерго- и ресурсопотребления, обеспеченности сырьём и расходными материалами

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		2
Аудиторные занятия, в том числе:	81	81
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	27	27
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Самостоятельная работа (всего)	99	99
Подготовка к практическим занятиям	40	40
Подготовка к лабораторным работам	59	59
Курсовой проект	-	-
Вид промежуточной аттестации – экзамен	36	36
Общая трудоемкость дисциплины	216	216
ак. час	6	6
зач. ед.	6	6

4.2 Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование раздела дисциплины	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1. «Введение»	23	2	2	-	19
Раздел 2. «Исследование исходного сырья и его подготовка»	34	4	2	8	20
Раздел 3. «Современные направления в развитии исследования пирометаллургических аппаратов»	54	4	2	28	20
Раздел 4. «Методы исследований, необходимые для проектирования»	28	4	4	-	20
Раздел 5. «Методика расчета технологических процессов и аппаратов»	41	4	17	-	20
Итого:	180	18	27	36	99

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Введение. Значение научных и проектных работ для развития металлургии	Цели и задачи курса. Связь с другими дисциплинами. Организация изучения дисциплины. Значение научных и проектных работ для развития металлургии.	2
2	Исследование исходного сырья и его подготовка	Исследование рудного сырья цветной металлургии. Расчет и экономическая оценка рудного сырья. Промышленное содержание металлов. Подготовка и исследование рудного сырья.	4
3	Современные направления в развитии исследования пирометаллургических аппаратов	Увеличение размеров и мощности агрегатов. Интенсификация процессов. Создание автогенных процессов. Разработка непрерывных процессов. Комплексное использование сырья. Развитие электрометаллургических процессов. Повышение стойкости и длительности работы оборудования. Энерготехнологическое использование всех продуктов пирометаллургического производства. Охрана природы.	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
4	Методы исследований, необходимые для проектирования	Исследования по вариантам технологических схем. Исследования по аппаратуре. Основные стадии исследования. Лабораторные исследования. Укрупненные исследования. Полупромышленные и промышленные испытания. Организационные формы проведения исследований. Современная методика исследований технологии и аппаратуры.	4
5	Методика расчета технологических процессов и аппаратов	Исходные данные для расчета технологии. Расчет извлечения и состава продуктов. Определение количества и состава оборотов и отходов. Материальные и тепловые балансы процессов. Определение параметров технологических показателей. Исходные данные для расчета оборудования. Методы расчета металлургических печей.	4
Итого:			18

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Изучение научных и проектных работ по пирометаллургии	2
2	Раздел 2	Статистическая обработка данных химического анализа руд и концентратов цветных металлов	2
3	Раздел 3	Анализ теплотехнических характеристик печей	2
4	Раздел 4	Термодинамические и кинетические расчеты и исследования гетерогенных пирометаллургических реакций	4
5	Раздел 5	Расчет сушильного отделения для цинкового кека	8
6	Раздел 5	Расчет плавки на штейн сульфидного медного концентрата способом «Аусмелт»	9
Итого:			27

4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Раздел	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 2	Исследование исходного сырья и его подготовка	8
2	Раздел 3	Современные направления в развитии исследования пирометаллургических аппаратов	8

3	Раздел 3	Современные направления в развитии исследования пирометаллургических аппаратов	8
4	Раздел 3	Современные направления в развитии исследования пирометаллургических аппаратов	8
5	Раздел 3	Современные направления в развитии исследования пирометаллургических аппаратов	6
Итого:			36

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В курсе дисциплины «Расчет и методы исследования пирометаллургических процессов» широко используются следующие образовательные технологии:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Введение. Значение научных и проектных работ для развития металлургии

1. Значение металлов для развития техники.
2. Географическое размещение металлургического производства.
3. Экономика металлургии.
4. Значение научных работ для развития металлургии.
5. Каково значение проектных работ для развития металлургии.

Раздел 2. Исследование исходного сырья и его подготовка

1. Расчет и экономическая оценка рудного сырья.

2. Подготовительные операции, относящиеся к механическим методам подготовки руды к металлургической переработке.
3. Подготовительные операции, относящиеся к химическим методам подготовки руды к металлургической переработке.
4. Требования, предъявляемые к качеству металлургических шихт.
5. Виды брикетирования.
6. Назначение агломерирующего обжига и агломерационных машин применительно к сульфидным и оксидным шихтам.
7. Основные процессы, происходящие при агломерирующем обжиге.

Раздел 3. Современные направления в развитии исследования пирометаллургических аппаратов

1. Увеличение размеров и мощности пирометаллургических агрегатов.
2. Интенсификация пирометаллургических процессов.
3. Создание автогенных процессов.
4. Разработка непрерывных процессов.
5. Комплексное использование сырья.
6. Развитие электрометаллургических процессов.
7. Повышение стойкости и длительности работы оборудования.
8. Энерготехнологическое использование всех продуктов пирометаллургического производства.

Раздел 4. Методы исследований, необходимые для проектирования

1. Исследования по вариантам технологических схем.
2. Исследования по аппаратуре.
3. Основные стадии исследования.
4. Лабораторные исследования.
5. Укрупненные исследования.
6. Полупромышленные и промышленные испытания.
7. Организационные формы проведения исследований.
8. Современная методика исследований технологии и аппаратуры.

Раздел 5. Методика расчета технологических процессов и аппаратов

1. Исходные данные для расчета технологии.
2. Расчет извлечения и состава продуктов.
3. Определение количества и состава оборотов и отходов.
4. Материальные и тепловые балансы процессов.
5. Определение параметров технологических показателей.
6. Исходные данные для расчета оборудования.
7. Методы расчета металлургических печей.

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену

1. Что понимают под комплексным использованием руд?
2. Как влияет фазовый состав руды на технологию обогащения?
3. Общая характеристика и классификация гравитационных методов обогащения?
4. Каково назначение флотационных реагентов? Опишите механизм их действия.
5. Какие требования предъявляются к рудным концентратам?
6. Какой обжиг имеет наибольшее значение в цветной металлургии?

7. Как называется конечный продукт обжига концентрата для последующей переработки пирометаллургическим способом?
8. Для какой последующей технологической операции проводят брикетирование мелкого медьсодержащего сырья?
9. В каких агрегатах наиболее полно рений возгоняется при обжиге медных концентратов?
10. Каким требованиям должно удовлетворять содержание SO_2 в газах на выходе из печи при обжиге цинковых концентратов в печах кипящего слоя на воздушном дутье?
11. Максимальное число подов в современных многоподовых печах?
12. Самая медленная операция в процессе сжигания топлива?
13. Как вычисляют теоретический расход кислорода на сжигание топлива?
14. Приведите формулу для расчета тепла, уносимого пылью.
15. В какой печи в современной промышленной практике осуществляют производство ферросплавов углетермическим методом?
16. В каких печах гарниссаж является эффективным средством защиты, а иногда и замены футеровки?
17. За счет чего может быть достигнута интенсификация автогенной плавки?
18. Чем компенсируют низкое содержание пирита в медных рудах?
19. За счет чего возможно снижение потерь металла со шлаками?
20. За счет обычно снижают содержание серы в шихте до необходимой величины при одноступенчатом агломерирующем обжиге свинцовых концентратов?
21. Что такое десульфуризация?
22. Зависимость константы равновесия от изменения энергии Гиббса?
23. Термодинамика газового восстановления окислов нелетучих металлов?
24. Какая плавка является наименее предпочтительной с точки зрения образования отходящих газов?
25. Наиболее результативное мероприятие по повышению термического КПД отражательной печи, не требующее изменения ее конструкции?
26. Какой процесс предпочтителен для переработки сернистых медно-цинковых концентратов?
27. Наиболее важный показатель, характеризующий качество работы плавильной печи, который обеспечивается выбором состава шлака и режимом флюсовки?
28. Как определяется степень разделения компонентов и выход продукта ликвации?
29. Как рассчитывают коэффициент активности компонента в расплаве?
30. Что является основой материального баланса?
31. Что такое энергетический баланс печного комплекса?
32. Какая теория лежит в основе моделирования?
33. Какие выделяют виды экспериментов по условиям эксперимента и способа представления изучаемого объекта?
34. Часть НИР, в которой выдвинутые идеи изучаются математическим или логическим методами для объяснения сущности изучаемых процессов или явлений?
35. Как называют процесс определения количественных значений свойств и характеристик с помощью специальных технических устройств?
36. Методы обработки экспериментальных данных?
37. Порядок проектирования печей?
38. Какая стадия следует после технологических расчетов печей?
39. Какой параметр чаще всего влияет на размер печей?
40. Основное уравнение, связывающее движение газов с размерами печи?

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Сущность процесса обогащения в тяжелых суспензиях свинцово-цинковых руд заключается в разделении рудного сырья по:	1. вязкости; 2. плотности; 3. вязкости и плотности; 4. фракции.
2.	Высший сульфид никеля (NiS) при нагреве разлагается с образованием:	1. NiS; 2. Ni ₃ S ₂ ; 3. Ni ₇ S ₈ ; 4. Ni ₂ S _{n-1} .
3.	Сульфидные никелевые руды обычно содержат Ni, %:	1. 2-3; 2. 3-4; 3. 1-2; 4. 0,5-1.
4.	Выберите ряд возрастающей прочности сульфидов металлов:	1. Cu ₂ S → FeS ₂ → FeS → CuS; 2. CuS → FeS ₂ → FeS → Cu ₂ S; 3. CuS → FeS → FeS ₂ → Cu ₂ S; 4. Cu ₂ S → FeS → FeS ₂ → CuS.
5.	Отметьте из перечисленных ниже операций рафинирования свинца ту, при которой получают продукт, используемый сразу как оборотный материал при рафинировании свинца:	1. удаление из свинца теллура; 2. вакуумное обесцинкование свинца; 3. обезвисмучивание свинца; 4. обессеребривание свинца.
6.	Константа равновесия для реакции диссоциации CaCO _{3тв} ⇌ CaO _{тв} + CO _{2г} определяется:	1. температурой; 2. давлением и составом газовой фазы; 3. температурой и давлением; 4. температурой и составом газовой фазы.
7.	Одним из современных требований к металлургической технологии является энергосбережение, что достигается:	1. минимизацией удельных затрат энергоносителей; 2. утилизацией тепла отходящих газов; 3. повышением в тепловом балансе доли тепла экзотермических процессов; 4. повышением выхода штейна.
8.	Каков главный аспект, обеспечивающий преимущество при переходе от традиционных технологий к автогенным процессам окисления жидких сульфидов?	1. технологический; 2. экономический; 3. аппаратный; 4. экологический.
9.	При огневом рафинировании для получения максимальной чистоты металла рекомендуется:	1. выводить шлак на 50%; 2. накапливать шлак; 3. удалять шлак по мере накопления; 4. не допускать образования шлака.
10.	Как изменяется плотность жидкого сульфида с увеличением температуры?	1. плавно снижается; 2. плавно увеличивается; 3. остается неизменной; 4. увеличивается скачком.
11.	Какой процесс наиболее удобен для переработки бедных медью высокосернистых концентратов с низким содержанием цинка?	1. ПРТЭП-процесс; 2. КФП-процесс; 3. плавка во взвешенном состоянии; 4. КИВЦЭТ-процесс.
12.	Одновременное изучение влияния всех интересующих исследователя факторов предусматривает:	1. моделирование; 2. многофакторный эксперимент; 3. лабораторный эксперимент; 4. теоретическое исследование.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
13.	Если рассчитанный критерий Фишера превосходит величину F-табличное, то это указывает...	1. на адекватность математической модели; 2. на отсутствие адекватности математической модели; 3. на отсутствие погрешностей измерения; 4. на наличие погрешности измерений.
14.	Тепловой эффект смешения идеальных металлических расплавов равен:	1. $\Delta H_{см}=0$; 2. $\Delta H_{см} >0$; 3. $\Delta H_{см} <0$; 4. $\Delta H_{см} \neq 0$.
15.	С увеличением крупности частиц сульфида температура воспламенения:	1. скачком увеличивается; 2. скачком уменьшается; 3. плавно понижается; 4. плавно повышается.
16.	Что представляет собой левая часть материального баланса печного процесса?	1. массу исходной руды или концентрата; 2. массу всех видов сырья, материалов, печной среды, компонентов футеровки; 3. массу полученных целевых и побочных продуктов, отходов, отходящей печной среды и охлаждающих материалов; 4. массу реагентов, вводимых в печь при плавке.
17.	При расчётах учитывают следующие составляющие топлива:	1. органическую и горючую массы; 2. горючую и сухую массы; 3. сухую, влажную и горючую массы; 4. органическую, горючую, сухую и влажную массы.
18.	На основе чего следует вести проектирование печей?	1. капитальных исследований конструкции и режимов работы, выполненных в масштабе лаборатории; 2. математической модели процесса; 3. капитальных исследований конструкции и режимов работы, выполненных в промышленном или полупромышленном масштабе; 4. технико-экономических показателей предприятия.
19.	К наиболее важным характеристикам для расчёта печи для обжига в кипящем слое сульфидных материалов не относится:	1. потребность в тепле от сгорания топлива или преобразования электроэнергии; 2. оптимальное количество дутья; 3. общую высоту печи; 4. максимальное время пребывания материала в печи.
20.	Формула определения рабочей площади печи F при расчёте печей по эмпирическому методу, где A – общая производительность печи по количеству перерабатываемых материалов, а – удельная производительность:	1. $F=A \cdot a$; 2. $F=A/a$; 3. $F=A^2/a$; 4. $F=A/a^2$.

Вариант 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Сколько % выпускаемой Cu приходится на пирометаллургический способ:	1. 65; 2. 85; 3. 60; 4. 75.
2.	Медно-никелевые файнштейн подвергают флотации, выделяя при этом в концентраты:	1. FeS ₂ и Ni ₃ S ₂ ; 2. Cu ₂ S и Ni ₃ S ₂ ; 3. CoS и Cu ₂ S; 4. FeS ₂ и CoS.
3.	Выберите ряд возрастающей прочности сульфидов металлов:	1. FeS ₂ → NiS → FeS → Ni ₃ S ₂ ; 2. FeS ₂ → Ni ₃ S ₂ → FeS → NiS; 3. FeS → NiS → FeS ₂ → Ni ₃ S ₂ ; 4. FeS → Ni ₃ S ₂ → FeS ₂ → NiS.
4.	Халькопирит (CuFeS ₂) при нагреве разлагается с образованием:	1. Cu ₂ S + FeS ₂ ; 2. Cu ₂ S + FeS; 3. Cu ₃ S ₂ + FeS; 4. Cu ₂ S _{n-1} + FeS.
5.	Целевое назначение выбора оптимальной величины избытка воздуха при теплотехническом сжигании углеродистого топлива:	1. достижение полноты сжигания; 2. получение максимально возможной температуры; 3. достижение полноты сжигания при максимальной температуре; 4. получение определенной концентрации газовых компонентов.
6.	Какая плавка даёт наименьшие показатели извлечения меди?	1. электроплавка; 2. КИВЦЭТ-процесс; 3. шахтная; 4. КФП-процесс.
7.	Какую форму может иметь электрическая рудотермическая печь?	1. круглую или прямоугольную; 2. квадратную; 3. круглую; 4. прямоугольную.
8.	Зависимость теплоемкости от температуры:	1. линейная; 2. логарифмическая; 3. экспоненциальная; 4. полиномиальная.
9.	Интенсификация автогенной плавки может быть достигнута:	1. оптимизацией содержания компонентов пустой породы шихты; 2. повышением содержания сульфидов железа в шихте; 3. повышением содержания в шихте сульфидов цветных металлов; 4. повышением содержания кислорода в дутье.
10.	При увеличении температуры сплошной фазы скорость процесса окисления в кипящем слое:	1. плавно повышается; 2. плавно понижается; 3. остается неизменной; 4. скачком увеличивается.
11.	Во многих промышленных процессах плавки сульфидных шихт прибегают к обогащению воздушного дутья кислородом, что обеспечивает:	1. повышение концентрации сернистого ангидрида в газах; 2. интенсификацию окисления сульфида железа;

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		3. образование сульфатов цветных металлов образование силикатов; 4. окисление сульфидов шихты.
12.	К какому процессу относится сгорание вдуваемого в рабочее пространство печи углеродного топлива?	1. теплообменному; 2. аэромеханическому; 3. энергетическому; 4. механическому.
13.	В настоящее время в научно-технических исследованиях применяют следующие разновидности моделей:	1. физические; 2. аналоговые; 3. математические; 4. все вышеперечисленное.
14.	Обычно полупромышленные испытания проводятся в ... режиме, ... промежутков времени:	1. непрерывном, короткий; 2. непрерывном, длительный; 3. дискретном, длительный; 4. дискретном, короткий.
15.	К общенаучным методом эмпирического познания, относятся:	1. эксперимент; 2. измерение и сравнение; 3. наблюдение; 4. все вышеперечисленное.
16.	Эксперимент с несколькими независимыми и обычно одной зависимой переменными:	1. моделирование; 2. лабораторный эксперимент; 3. многофакторный эксперимент; 4. теоретическое исследование.
17.	Наиболее значимая приходная статья теплового баланса руднотермической печи:	1. тепло, получаемое от электроэнергии; 2. теплосодержание шихты; 3. теплосодержание дутья; 4. тепло экзотермических реакций.
18.	Формула определения рабочего объема печи V при расчёте печей по эмпирическому методу, где A – общая производительность печи по количеству перерабатываемых материалов, а – удельная производительность:	1. $V=A \cdot b$; 2. $V=A/b$; 3. $V=A^2/a$; 4. $V=A/a^2$.
19.	Диаметр вращающейся барабанной печи глинозёмного производства определяется по формуле:	1. $D = 1,13 \cdot \frac{w_t}{V_t}$; 2. $D = 1,13 \cdot \frac{V_t}{w_t}$; 3. $D = 1,13 \sqrt{\frac{V_t}{w_t}}$;

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		4. $D = 1,13 \sqrt{\frac{w_t}{V_t}}$.
20.	Что важно учитывать при проектных расчётах пиromеталлургического оборудования?	1. теплообменные процессы; 2. аэромеханические процессы; 3. энергетические процессы; 4. все вышеперечисленные процессы

Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Важнейшие стадии подготовки шихты:	1. хранение сырья и внутризаводского транспорта; 2. дробление и измельчение крупнокусковых материалов; 3. окускование тонкодисперсных материалов; 4. все вышеперечисленные.
2.	Отметьте механический способ обогащения медной руды:	1. флотация; 2. магнитная сепарация; 3. электрическая сепарация; 4. гравитация.
3.	Никелевые руды для переработки пиromеталлургическим способом в основном представлены:	1. оксидами; 2. сульфидами; 3. сульфидами и оксидами; 4. силикатами.
4.	Высший сульфид меди (CuS) при нагреве разлагается с образованием:	1. Cu_2S ; 2. Cu_2S_3 ; 3. Cu_3S_2 ; 4. Cu_2S_{n-1} .
5.	Перед какой технологической операцией проводят брикетирование мелкого медьсодержащего сырья?	1. конвертирование; 2. окислительный обжиг; 3. шахтная плавка; 4. электролиз.
6.	Преимущество инжекционных горелок:	1. большой коэффициент расхода воздуха; 2. неполное сжигание газа; 3. неполное сжигание газа с небольшим коэффициентом расхода воздуха; 4. полное сжигание газа с небольшим коэффициентом расхода воздуха.
7.	Содержание серы в шихте до необходимой величины при одноступенчатом агломерирующем обжиге свинцовых концентратов обычно снижают за счет:	1. целиком за счет флюсов; 2. частично за счет флюсов и частично за счет оборотного агломерата; 3. рециклинга пылей; 4. увеличения температуры обжига
8.	Как влияют добавки железа и цинка на величину поверхностного натяжения штейнов:	1. плавно снижают; 2. снижают скачком; 3. плавно увеличивают;

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		4. увеличивают скачком.
9.	Какие печи в основном используются на никелевых и свинцовых заводах?	1. шахтные печи; 2. печи кс; 3. электродуговые печи; 4. индукционные печи.
10.	Какая реакция наиболее характерна для переработки сульфидного сырья?	1. окисление компонентов; 2. диссоциация; 3. восстановление компонентов; 4. восстановление и окисление компонентов.
11.	Характерной особенностью реакций термического разложения является:	1. экзотермичность; 2. изотропность ; 3. эндотермичность; 4. однородность.
12.	Испытания, проводимые в непрерывном режиме на лабораторном оборудовании, производительность которого не превышает 100 кг/ч:	1. промышленные; 2. лабораторные; 3. укрупненно-лабораторные; 4. полупромышленные.
13.	Величины, описывающие физические и физико-химические свойства веществ, материалов;	1. энергетические (активные); 2. вещественные (пассивные); 3. спектральные; 4. поляризационные.
14.	Эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней факторов, называют:	1. укрупненно-лабораторный; 2. дробный факторный эксперимент; 3. промышленный; 4. полный факторный эксперимент.
15.	Устройство, воспроизводящее, имитирующее исследуемый объект-натуру в исследовательских целях?	1. агрегат; 2. аппарат; 3. модель; 4. механизм.
16.	Связь общего и парциальных равновесных давлений пара компонентов с составом идеальных расплавов устанавливается законом:	1. Ньютона; 2. Клаузиуса-Клапейрона; 3. Рауля; 4. Дальтона.
17.	Наиболее значимая приходная статья теплового баланса печи «кипящего» слоя:	1. тепло экзотермических реакций; 2. теплосодержание шихты; 3. теплосодержание дутья; 4. тепло от горения топлива.
18.	Длина б-электродной электрической руднотермической печи при диаметре электрода 1,0 м:	1. 8-10 м; 2. 12-14 м; 3. 15-18 м; 4. 18-20 м.
19.	Формула удельной производительности печи, т/(м ² ·сут):	1. $a = K_0/\tau V_{уд}$; 2. $a = K_0 \tau V_{уд}$; 3. $a = K_0 \tau / V_{уд}$;

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		4. $a = \tau V_{уд}/K_0$.
20.	Как меняется КПД печи при изменении температуры отходящих дымовых газов?	1. не изменяется; 2. увеличивается при повышении температуры; 3. увеличивается при понижении температуры; 4. уменьшается при понижении температуры.

6.2.3. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамена)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных, практических и лабораторных занятий	Посещение не менее 60 % лекционных, практических и лабораторных занятий	Посещение не менее 70 % лекционных, практических и лабораторных занятий	Посещение не менее 85 % лекционных, практических и лабораторных занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

7.1. Основная литература

1. Петелин А.Л. Термодинамика и кинетика металлургических процессов. Курс лекций: учеб. пособие / А.Л. Петелин, Е.С. Михалина. Электрон. дан. Москва: МИСИС, 2005. 92 с.

<https://e.lanbook.com/book/1846>

2. Ванюков А.В. Теория пирометаллургических процессов: Учебник для вузов. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Металлургия, 1993. 384 с.

3. Теория пирометаллургических процессов: учеб. пособие / Г.В. Коновалов, В.М. Сизяков. СПб.: Лема, 2017. 97 с.

4. Бокштейн Б.С. Физическая химия: термодинамика и кинетика: учеб. пособие / Б.С. Бокштейн, М.И. Менделев, Ю.В. Похвиснев. Электрон. дан. Москва: МИСИС, 2012. 258 с.

<https://e.lanbook.com/book/47443>

5. Владимиров Л.П. Термодинамические расчеты равновесия металлургических реакций. М.: Металлургия, 1970. 528 с.

7.2. Дополнительная литература

1. Ванюков А.В. Шлаки и штейны цветной металлургии. (Свойства расплавов и пути снижения потерь металлов со шлаками) / А.В.Ванюков, В.Я.Зайцев. М.: Металлургия, 1969. 405 с.

2. Теория металлургических процессов: метод. указания к лаб. работам для студентов спец. 220301 / сост.: Е.В. Сизякова, Г.В. Коновалов, Г.И. Швачко. СПб.: Горн. ун-т, 2011. 51 с.

http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=et_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%D0%90%2087976%2F%D0%A2%2033%2D028122377<.>

3. Морачевский А.Г. Термодинамические расчеты в металлургии: Справочник. М: Металлургия, 1993. 304 с.

7.3. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>

2. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>

3. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru>

4. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.

5. Портал металлургической отрасли: <http://www.infogeo.ru>

6. Термодинамические базы данных: <http://www.factsage.com>, <http://www.chem.msu.su/rus/handbook/ivtan>

7. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»:

<https://e.lanbook.com/books>

8. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):

9. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>

10. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.

11. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Рукоонт»»: <http://rucont.ru>

12. Электронно-библиотечная система «SciTecLibrary»: <http://www.sciteclibrary.ru>

7.4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента

1. Расчет и методы исследования пирометаллургических процессов: Методические указания к самостоятельной работе [Электронный ресурс] / Сост. С.Б. Фокина. СПб., 2018. 8 с.

http://ior.spmi.ru/system/files/srs/srs_1544173890.pdf

2. Расчет и методы исследования пирометаллургических процессов: Методические указания к практическим занятиям [Электронный ресурс] / Сост. С.Б. Фокина. СПб., 2018. 86 с.

http://ior.spmi.ru/system/files/pr/pr_1544173890.pdf

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий

Специализированная аудитория, используемая при проведении лекционных и практических занятий, оснащена мобильным интерактивным комплексом, позволяющим демонстрировать текстовые и графические материалы.

Мебель: стол Canvago ASSMANN – 16 шт., компьютерное кресло 7873 A2S – 1 шт., стул 7874 A2S – 30 шт., доска белая Magnetoplan C2000x1000 мм, эмал.покрыт, магн/марк, 12 409 CC – 1 шт., тканевая перегородка с рейлингом под систему навесных аксессуаров Vitaco ASSMANN – 1 шт.

Компьютерная техника: мобильный интерактивный комплекс – 1 шт.

8.2. Помещения для самостоятельной работы

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования», ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники», ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования», ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования», Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции», Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011,

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011)