

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.09.2023 16:41:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Рабочая программа дисциплины (модуля) Современные методы и оборудование металлургии, машиностроения и материаловедения

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Технологический менеджмент в производстве цветных металлов и золота

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

57

самостоятельная работа

51

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 3 (2.1) | | Итого | |
|---|---------|-----|-------|-----|
| | УП | РП | | |
| Неделя | 19 | | | |
| Вид занятий | УП | РП | УП | РП |
| Практические | 57 | 57 | 57 | 57 |
| Итого ауд. | 57 | 57 | 57 | 57 |
| Контактная работа | 57 | 57 | 57 | 57 |
| Сам. работа | 51 | 51 | 51 | 51 |
| Часы на контроль | 36 | 36 | 36 | 36 |
| Итого | 144 | 144 | 144 | 144 |

Программу составил(и):

к.т.н., доцент, Киров Сергей Сергеевич

Рабочая программа

Современные методы и оборудование металлургии, машиностроения и материаловедения

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Металлургия, 22.04.02-ММТ-22-6.plx Технологический менеджмент в производстве цветных металлов и золота, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Металлургия, Технологический менеджмент в производстве цветных металлов и золота, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра цветных металлов и золота

Протокол от 22.06.2021 г., №19

Руководитель подразделения Тарасов В.П.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

| | |
|-----|---|
| 1.1 | Цели освоения дисциплины (модуля) - подготовка специалиста к научно-технической и организационно-методической деятельности, ориентированной на обоснование, расчет и выбор основного и вспомогательного оборудования гидро-, пиро- и электрометаллургических процессов цветной металлургии. |
|-----|---|

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

| Блок ОП: | Б1.О |
|------------|---|
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: |
| 2.1.1 | Защита интеллектуальной собственности и патентоведение |
| 2.1.2 | Моделирование и оптимизация технологических процессов |
| 2.1.3 | Научно-исследовательская практика |
| 2.1.4 | Инженерные расчеты в металлургии |
| 2.1.5 | Металлургия благородных металлов. Производство благородных металлов |
| 2.1.6 | Новые металлургические технологии, часть 1 |
| 2.1.7 | Оказание первой помощи пострадавшим |
| 2.1.8 | Статистические методы управления качеством металлургической продукции |
| 2.1.9 | Теория и технология гидromеталлургических производств |
| 2.1.10 | Металлургия вторичных легких металлов. Первичная переработка лома и отходов цветных металлов |
| 2.1.11 | Металлургия меди и никеля. Производство меди, никеля и сопутствующих элементов |
| 2.1.12 | Металлургия рассеянных редких металлов. Производство рассеянных редких металлов |
| 2.1.13 | Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов. Производство редкоземельных и радиоактивных металлов |
| 2.1.14 | Металлургия свинца и цинка. Производство цинка, свинца и сопутствующих элементов |
| 2.1.15 | Металлургия тугоплавких редких металлов. Производство тугоплавких редких металлов |
| 2.1.16 | Основы проектирования и строительное дело |
| 2.1.17 | Производство глинозема. Производство глинозема |
| 2.1.18 | Теория и технология пирометаллургических производств |
| 2.1.19 | Теория и технология электрометаллургических производств |
| 2.1.20 | Электрометаллургия алюминия и магния. Производство алюминия и магния |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: |
| 2.2.1 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы |
| 2.2.2 | Преддипломная практика |

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

| |
|--|
| ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии |
| Знать: |
| ОПК-1-31 Теоретические и технологические основы типовых процессов и технологий производства цветных металлов и их соединений |
| ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области |
| Знать: |
| ОПК-4-31 Базы данных, пакеты прикладных программ и средства компьютерной графики для решения профессиональных задач |
| ОПК-4-32 Основные правила поиска и сбора информации, методы использования информации для подготовки и принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности |
| УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла |
| Знать: |
| УК-2-31 Знать принципы, методы и средства решения нестандартных задач в условиях неопределенности, альтернативные решения с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов |

| |
|--|
| ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области |
| Уметь: |
| ОПК-4-У1 Применять базы данных, пакеты прикладных программ и средства компьютерной графики для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности |
| УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла |
| Уметь: |
| УК-2-У1 Решать нестандартные задачи профессиональной деятельности в условиях неопределенности, альтернативные решения с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов |
| ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии |
| Уметь: |
| ОПК-1-У1 Решать типовые профессиональные задачи в области металлургии цветных металлов используя фундаментальные знания |
| ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области |
| Владеть: |
| ОПК-4-В1 Приемы, связанные с анализом, синтезом, структурированием информации для использования в научной и практической деятельности |
| ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии |
| Владеть: |
| ОПК-1-В1 Навыками типовых технологических расчетов для решения производственных и/или исследовательских задач в области производства цветных металлов и их соединений |
| УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла |
| Владеть: |
| УК-2-В1 Навыки решения нестандартных задач профессиональной деятельности в условиях неопределенности, альтернативные решения с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/ | Семестр / Курс | Часов | Формируемые индикаторы компетенций | Литература и эл. ресурсы | Примечание | КМ | Выполняемые работы |
|-------------|---|----------------|-------|---|--|------------|----|--------------------|
| | Раздел 1. Введение | | | | | | | |
| 1.1 | Современное состояние материальной базы цветной металлургии /Пр/ | 3 | 4 | ОПК-4-32 ОПК-4-В1 | Л1.1 Л1.7 Л1.11Л2.3 Л2.6 Л2.9 Э1 Э2 Э3 | | | Р1 |
| 1.2 | Аппаратурно-технологические схемы: оценка эффективности /Пр/ | 3 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 | Л1.1 Л1.6 Л1.11Л2.3 Л2.5 Л2.6 Э1 Э2 Э3 | | | Р2 |
| | Раздел 2. Аппараты гидрометаллургических процессов | | | | | | | |
| 2.1 | Оборудование передела выщелачивания, как основного передела гидрометаллургии /Пр/ | 3 | 6 | ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 | Л1.4 Л1.8 Л1.9 Л1.11Л2.1 Л2.3 Л2.9 Э1 Э5 | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|---|---|----|--|--|--|-----|-----|
| 2.2 | Технологические расчеты ионообменного оборудования /Пр/ | 3 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 УК-2-У1 | Л1.4 Л1.8 Л1.9 Л1.11Л2.1 Л2.3 Э1 Э4 Э5 | | | |
| 2.3 | Расчет однокорпусного вакуумного аппарата и много корпусной выпарной установки /Пр/ | 3 | 6 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 УК-2-У1 | Л1.4 Л1.8 Л1.9 Л1.11Л2.1 Л2.3 Э2 Э3 Э5 | | | |
| 2.4 | Домашнее задание 1. Расчет трехкорпусной выпарной установки /Ср/ | 3 | 17 | ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 | Л1.8 Л1.9 Л1.11Л2.1 Л2.3 Э2 Э3 Э5 Э6 | | | |
| 2.5 | Основы технологии разделения пульпы: отстаивание, фильтрование, центрифугирование и промывка осадков /Пр/ | 3 | 4 | ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 | Л1.4 Л1.8 Л1.9 Л1.11Л2.1 Л2.3 Э2 Э3 | | | Р6 |
| | Раздел 3. Аппараты пирометаллургических процессов | | | | | | | |
| 3.1 | Физические параметры материалов, определение размеров и выбор сушилок. Контрольная работа №1 /Пр/ | 3 | 4 | ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-32 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 | Л1.3 Л1.5Л2.4 Л2.5 Э1 Э2 Э5 | | КМ1 | |
| 3.2 | Печь кальцинации в кипящем слое (КС) /Пр/ | 3 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 УК-2-У1 УК-2-В1 | Л1.5 Л1.6 Л1.7Л2.4 Л2.5 Э2 Э3 Э4 Э5 | | | |
| 3.3 | Домашнее задание 2. Расчет печи КС /Ср/ | 3 | 17 | ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 | Л1.3 Л1.5 Л1.7Л2.4 Л2.5 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 | | | |
| 3.4 | Технология твердофазного спекания во вращающейся барабанной печи /Пр/ | 3 | 4 | ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 | Л1.3 Л1.5 Л1.7Л2.4 Л2.5 Э2 Э3 Э4 Э5 | | | Р9 |
| 3.5 | Расчет основных параметров индукционной тигельной печи (ИТП) /Пр/ | 3 | 6 | ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 | Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.4 Л2.5 Э2 Э3 Э4 Э5 | | | Р10 |
| | Раздел 4. Аппараты электрометаллургических процессов | | | | | | | |
| 4.1 | Энергетический и тепловой баланс как основа расчета электролизной ванны. Контрольная работа №2 /Пр/ | 3 | 6 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 | Л1.1Л2.6 Л2.8 Э2 Э3 Э4 Э5 | | КМ2 | |

| | | | | | | | | |
|-----|---|---|----|--|--|--|--|-----|
| 4.2 | Расчет конструктивных элементов электролизера /Пр/ | 3 | 4 | ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 | Л1.1Л2.6 Л2.8 Э2 Э3 Э5 | | | Р12 |
| 4.3 | Электрохимическое выщелачивание /Пр/ | 3 | 3 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 | Л1.4 Л1.11Л2.3 Л2.9 Э1 Э4 Э5 | | | Р13 |
| 4.4 | Домашнее задание 3. Методы неразрушающего контроля и диагностики /Ср/ | 3 | 17 | ОПК-1-31 ОПК-4-32 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 | Л1.10Л2.2 Л2.7 Л2.10 Э1 Э3 Э4 Э5 Э6 | | | |

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

| Код КМ | Контрольное мероприятие | Проверяемые индикаторы компетенций | Вопросы для подготовки |
|-----------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|
|-----------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|

| | | | |
|-----|-----------------------|--|--|
| КМ1 | Контрольная работа №1 | ОПК-4-31;ОПК-4-32;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1 | <p>1. Примерные вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Основные параметры сушильного агента в аппаратах КС для сушки материалов. 2) Основы расчета частоты источника питания ИТП. 3) Основы построения процесса сушки на «I-x» диаграмме влажного воздуха. 4) Основы определения основных геометрических размеров ИТП. 5) Основы расчета процесса обжига в установках КС. <p>2. Примерные задания:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Выведите формулу удельного расхода топлива для барабанной вращающейся печи из основного уравнения теплового баланса печи. Приведите расшифровку переменных. 2) Охарактеризуйте зависимость коэффициента заполнения муфельной вращающейся печи от длины хорды и дуги загруженного материала. 3) Используя справочные данные определить коэффициент теплопроводности дымовых газов, содержащих 15 % CO₂ при температуре 1000 К. 4) Определите значения коэффициентов лучеиспускания с использованием индивидуальных нонограмм газов для углекислого газа (содержание 15 %) и паров воды (содержание 20 %) при температуре 1200 К. <p>3. Пример задач:</p> <p>Рассчитать длину, внешний диаметр, размеры дымовых каналов и мощности привода вращающейся муфельной печи и подобрать нормализованную печь по следующим исходным данным:</p> <ul style="list-style-type: none"> - производительность печи по готовому продукту – 1,1 кг/ч; - время пребывания материала в печи – 2 ч; - температура материала на входе в печь – 50 °С, а на выходе из печи – 600 °С; - температура отходящих газов – 800 °С; - температура топлива на входе в печь – 400 °С; - температура воздуха, подаваемого на сжигание топлива – 50 °С; - насыпная плотность материала – 2400 кг/м³; - угол естественного откоса материала – 40°; - теплоемкость продукта – 1200 Дж/(кг.К); - начальное влагосодержание сырья – 0,2 кг/кг; - унос летучих компонентов из материала – 0,1 кг/кг; - плотность летучих компонентов – 1,15 кг/м³; - теплоемкость летучих компонентов – 1480 Дж/(кг.К); - температура испарения – 100 °С; - теплота парообразования – 2,26. 10⁶ Дж/кг; - теплоемкость водяных паров – 1850 Дж/(кг.К); - теплоемкость топлива – 1600 Дж/(кг.К); - теплоемкость воды – 4200 Дж/(кг.К); - плотность водяных паров – 0,81 кг/м³; - толщина стенок фасонных кирпичей – 40 мм, футеровки печи – 120 мм, обечайки – 20 мм; - количество дымовых каналов – 10 шт.; - интенсивность движения материала по печи – 0,08; - коэффициент заполнения муфеля – 0,1; - уклон печи (не более) – 2,5 %; - КПД привода – 0,85; - вид топлива – каменный уголь, месторождение Букачачинское <p>Тепловой реакцией при обжиге материала можно пренебречь.</p> |
|-----|-----------------------|--|--|

| | | | |
|-----|-----------------------|--|---|
| КМ2 | Контрольная работа №2 | ОПК-4-31;ОПК-4-32;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1 | <p>1. Примерные вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Основы эксплуатации барабанного вакуумного фильтра. 2) Основы определения поверхности теплообмена в теплообменниках при прямоточном и противоточном режимах движения растворов. 3) Основы определения числа ступеней в экстракционной и промывной части каскада экстракторов. 4) Основы расчета вращающегося барабанного вакуумного фильтра. 5) Основы построения теплового баланса автоклавной установки. <p>2. Примеры заданий:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Сопоставьте эффективность применения способов прямотока и противотока при нагреве (охлаждении) растворов. Приведите формулы. 2) Приведите формулы и охарактеризуйте принцип определения вязкости пульпы при заданной температуре. 3) Сопоставьте эффективность промывки шламов промывной водой и промывным раствором. Когда и какой способ применяют? 4) Определить теплопроводность раствора, содержащего 30 % Al(NO₃)₃ при 353 К, если плотность раствора при 20 °С составляет $\rho = 1280$ кг/м³. <p>3. Примеры задач:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Рассчитать параметры барабанного вакуум-фильтра непрерывного действия (площадь поверхности фильтра и частоту его вращения), на который подается водная суспензия в количестве 2 м³/ч, содержащая 17 % твердой фазы. Конечная влажность осадка составляет 48 %. Создаваемый вакуум по нормативу эксплуатации составляет 615 мм рт. ст. В ходе опытных испытаний на лабораторном стенде при вакууме 535 мм рт. ст. было установлено, что необходимая влажность осадка достигается за 50 с работы зоны фильтрации. При этом константы фильтрования, отнесенные к 1 м², составили: 10,1 дм⁶/(м⁴.с) и 3,6 дм³/м², при плотности суспензии 1150 кг/м³ и плотности фильтрата – 1000 кг/м³. Отношение площади фильтрации к общей площади фильтра принять равной 0,35. 2) Определить поверхность охлаждения и основные размеры шнекового сборного кристаллизатора (длина одной секции 3 м при ширине корыта 1 м) и число секций для непрерывной кристаллизации 600 кг/ч водного раствора KCl, если температура исходного раствора 95 °С, а конечная – 20 °С. Концентрация KCl в исходном растворе 5 т. Вода поступает в охлаждающую рубашку с температурой 15 °С, а выходит с 25 °С. Охлаждение противоточное. Испарение воды составило 2,2 % от массы раствора. Коэффициент теплопередачи составляет 350 кДж/(м².ч.°С). Потерями тепла в окружающую среду пренебречь. |
|-----|-----------------------|--|---|

| | | | |
|-----|---------|--|--|
| КМЗ | Экзамен | ОПК-4-31;ОПК-4-32;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1 | <p>1. Примерные вопросы:</p> <p>1) Приведите выражение теплового баланса для муфельной вращающейся печи и охарактеризуйте основные тепловые потоки.</p> <p>2) Что понимается под явлением самоиспарения? Как он реализуется аппаратурно?</p> <p>3) Как определяется температура кипения в выпарных аппаратах однокорпусной и многокорпусной выпарных установках?</p> <p>4) Опишите устройство и принцип работы кожухотрубчатых теплообменников.</p> <p>5) Опишите устройство и принцип работы печи кипящего слоя.</p> <p>2. Примерные задания:</p> <p>1) Приведите формулы и охарактеризуйте принцип выбора частоты источника питания индукционной тигельной печи.</p> <p>2) Определить теплопроводность раствора, содержащего 22 % CuSO_4 при 335 К, если плотность раствора при 20 °С составляет $\rho = 1190 \text{ кг/м}^3$.</p> <p>3) Приведите формулы и охарактеризуйте принцип определения напряжения на электролизной ванне при электролизе водных и растворов и расплавов.</p> <p>4) Приведите формулы и охарактеризуйте принцип определения мощности двигателя муфельной вращающейся печи. От каких параметров работы печи и ее конструктивных элементов печи он зависит?</p> <p>3. Примерные задачи:</p> <p>1) Рассчитать длину, внешний диаметр, размеры дымовых каналов и мощности привода вращающейся муфельной печи и подобрать нормализованную печь по следующим исходным данным:</p> <ul style="list-style-type: none"> – производительность печи по готовому продукту – 2,5 кг/ч; – время пребывания материала в печи – 5 ч; – температура материала на входе в печь – 10 °С, а на выходе из печи – 600 °С; – температура отходящих газов – 550 °С; – температура топлива на входе в печь – 40 °С; – температура воздуха, подаваемого на сжигание топлива – 50 °С; – насыпная плотность материала – 2600 кг/м³; – угол естественного откоса материала – 40°; – теплоемкость продукта – 1500 Дж/(кг.К); – начальное влагосодержание сырья – 0,45 кг/кг; – унос летучих компонентов из материала – 0,1 кг/кг; – плотность летучих компонентов – 1,3 кг/м³; – теплоемкость летучих компонентов – 1450 Дж/(кг.К); – температура испарения – 100 °С; – теплота парообразования – 2,26. 10⁶ Дж/кг; – теплоемкость водяных паров – 1850 Дж/(кг.К); – теплоемкость топлива – 1650 Дж/(кг.К); – теплоемкость воды – 4200 Дж/(кг.К); – плотность водяных паров – 0,81 кг/м³; – толщина стенок фасонных кирпичей – 40 мм, футеровки печи – 120 мм, обечайки – 20 мм; – количество дымовых каналов – 14 шт.; – интенсивность движения материала по печи – 0,08; – коэффициент заполнения муфеля – 0,1; – уклон печи (не более) – 2,5 %; – КПД привода – 0,85; – вид топлива – газ (месторождение Бугурусланское) <p>Тепловой реакцией при обжиге материала можно пренебречь.</p> <p>2) Составить тепловой баланс автоклава, если объем перерабатываемой пульпы 66,3 м³/сут. Плотность пульпы 1,5 т/м³. Общий цикл выщелачивания составляет 6 ч. Рабочий цикл выщелачивания – 5,2 ч. Емкость автоклава 5,2 м³ при высоте 6,4 м и внутреннем диаметре 1 м. При этом толщина стенки автоклава и теплоизоляции равны соответственно 0,015 и 0,13 м. Рабочая температура в автоклаве 225 °С, температура поступающей пульпы 90 °С (теплоемкость пульпы 3 кДж/(кг.°С)). Коэффициент заполнения автоклава 0,6. Количество сконденсировавшегося пара составляет 15 от объема пульпы. Теплота испарения воды 1860 кДж/кг. Коэффициент теплоотдачи от пульпы к стенке автоклава 105 Вт/(м².°С). Коэффициент теплопроводности стали и</p> |
|-----|---------|--|--|

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | <p>теплоизоляции (при температуре наружной стенки 40 °С) 46,5 и 0,185 Вт/(м²·°С), соответственно. При температуре в цехе 20 °С коэффициент теплоотдачи от наружной стенки к воздуху 16,9 Вт/(м²·°С). Энтальпия греющего и отходящего пара 3000 и 2800 кДж/кг, соответственно. Теплоемкость пульпы при 225 °С 3,5 кДж/(кг·°С).</p> <p>3) Отношение Ж:Т в исходной пульпе равно 6, отношение Ж:Т в осадке – 2. Относительный объем слива сгустителя, приходящийся на единицу твердого в осадке – 5. Концентрация металла в маточном растворе исходной пульпы – 0,9 г/л. Общее число сгустителей – 4.</p> <p>Рассмотреть два случая промывки шлама: – промывной водой (концентрация металла в промывном растворе равна нулю); – промывка промывным раствором с концентрацией металла 0,02 г/л.</p> <p>Определить: а) концентрацию металла в жидкой фазе промывного осадка, б) концентрацию металла в сливе каждого сгустителя, в) эффективность отмывки для заданного числа сгустителей.</p> |
|--|--|--|---|

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

| Код работы | Название работы | Проверяемые индикаторы компетенций | Содержание работы |
|------------|--|--|---|
| P1 | Современное состояние материальной базы цветной металлургии | ОПК-4-32;ОПК-4-В1 | Основные типы и виды оборудования пирометаллургических, гидрометаллургических и электрометаллургических процессов: устройство, принцип работы, назначение, характеристика и основные показатели работы |
| P2 | Аппаратурно-технологические схемы: оценка эффективности | ОПК-1-31;ОПК-1-У1 | Понятие аппаратурно-технологическая схема. Аппаратурно-технологические схемы соединения оборудования различного типа (пирометаллургических, гидрометаллургических и электрометаллургических процессов): принципы, назначение, характеристика |
| P3 | Оборудование передела выщелачивания, как основного передела гидрометаллургии | ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1 | Расчет основных конструктивных элементов аппаратов передела выщелачивания. Расчет основных технологических показателей передела (аппарата) выщелачивания. Определение необходимого количества основного (вспомогательного) оборудования передела выщелачивания. Аппаратурно-технологическая реализация (схема) передела |
| P4 | Технологические расчеты ионообменного оборудования | ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;УК-2-У1 | Расчет основных конструктивных элементов аппаратов передела ионного обмена (сорбция, экстракция). Расчет основных технологических показателей передела (аппарата) ионного обмена (сорбция, экстракция). Определение необходимого количества основного (вспомогательного) оборудования передела. Аппаратурно-технологическая реализация (схема) передела |
| P5 | Расчет однокорпусного вакуумного аппарата и много корпусной выпарной установки | ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-2-У1;ОПК-1-31 | Расчет основных конструктивных элементов аппаратов передела выпаривания технологических растворов. Расчет основных технологических показателей передела (аппарата) выпаривания технологических растворов. Определение необходимого количества основного (вспомогательного) оборудования передела. Аппаратурно-технологическая реализация (схема) много корпусной выпарной установки |
| P6 | Основы технологии разделения пульпы: отстаивание, фильтрование, центрифугирование и промывка осадков | ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Расчет основных конструктивных элементов аппаратов передела разделения пульп. Расчет основных технологических показателей передела (аппарата) разделения пульпы. Определение необходимого количества основного (вспомогательного) оборудования передела. Аппаратурно-технологическая реализация (схема) много корпусной установки отстаивания шлама противоточного типа |
| P7 | Физические параметры материалов, определение размеров и выбор сушилок | ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-4-32;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1 | Расчет основных конструктивных элементов аппаратов передела сушки и прокаливания твердых сыпучих материалов. Расчет основных технологических показателей передела (аппарата) сушки и прокаливания. Определение необходимого количества основного (вспомогательного) оборудования передела. Аппаратурно-технологическая реализация (схема) передела кальцинации |

| | | | |
|-----|---|--|---|
| P8 | Печь кальцинации в кипящем слое (КС) | ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;УК-2-У1;УК-2-В1 | Расчет основных конструкционных элементов печи кипящего слоя. Расчет основных технологических показателей передела (аппарата) кальцинации. Определение необходимого количества основного (вспомогательного) оборудования передела. Аппаратурно-технологическая реализация (схема) передела кальцинации в кипящем слое |
| P9 | Технология твердофазного спекания во вращающейся барабанной печи | ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1 | Барабанные вращающиеся печи и печи муфельного типа. Расчет основных конструкционных элементов аппаратов передела спекания. Расчет основных технологических показателей передела (аппарата). Определение необходимого количества основного (вспомогательного) оборудования передела. Аппаратурно-технологическая реализация (схема) передела спекания (кальцинации) |
| P10 | Расчет основных параметров индукционной тигельной печи (ИТП) | ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Расчет основных конструкционных элементов индукционной тигельной печи. Расчет основных технологических показателей передела (аппарата) плавки в индукционной тигельной печи. Определение необходимого количества основного (вспомогательного) оборудования передела. Аппаратурно-технологическая реализация (схема) передела |
| P11 | Энергетический и тепловой баланс как основа расчета электролизной ванны | ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1 | Расчет энергетического и теплового балансов получения металлов методом расплавленных солей. Расчет основных электрических показателей процесса и потерь тепла в окружающую среду |
| P12 | Расчет конструкционных элементов электролизера | ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Расчет основных конструкционных элементов электролитической установки получения металла. Расчет основных технологических показателей аппарата. Определение необходимого количества основного (вспомогательного) оборудования передела. Аппаратурно-технологическая реализация (схема) передела |
| P13 | Электрохимическое выщелачивание | ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Расчет основных конструкционных элементов аппаратов передела электрохимического выщелачивания. Расчет основных технологических показателей передела (аппарата) электрохимического выщелачивания. Определение необходимого количества основного (вспомогательного) оборудования передела электрохимического выщелачивания. Аппаратурно-технологическая реализация (схема) передела |

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

По курсу предусмотрен экзамен.

Экзаменационный билет состоит из 3-х вопросов. Примерные вопросы приведены в разделе "Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену, а также устным и письменным опросам обучающихся".

Формируется из принципа проверки знаний по уровню Знать, Уметь, Владеть. Один вопрос на каждый уровень.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|---------------------|--------------------------|------------------------|---|
| Л1.1 | Баймаков Ю. В. | Электролиз в металлургии | Электронная библиотека | Ленинград, Москва: Металлургиздат НКЧМ СССР, 1939 |

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|---|---|---|------------------------|---------------------------------|
| Л1.2 | Вайнберг А. М. | Индукционные плавильные печи: учеб. пособие для вузов | Библиотека МИСиС | М.: Энергия, 1967 |
| Л1.3 | Кривандин В. А., Марков Б. Л., Кривандин В. А. | Металлургические печи: учеб. пособие для металлург. специальностей вузов | Библиотека МИСиС | М.: Metallurgia, 1977 |
| Л1.4 | Колчин Ю. О., Миклушевский В. В., Богатырева Е. В., Стрижко В. С., Медведев А. С. | Оборудование гидromеталлургических процессов. Расчет аппаратов гидromеталлургических процессов: учеб. пособие для студ. вузов спец. Metallurgia цв. металлов | Электронная библиотека | М.: Учеба, 2006 |
| Л1.5 | Диомидовский Д. А. | Печи цветной металлургии (конструкции, исследование, теория, расчет) | Библиотека МИСиС | М.: Metallurgizdat, 1956 |
| Л1.6 | Романтеев Ю. П., Комков А. А., Федоров А. Н., др., Быстров В. П. | Расчеты в металлургии свинца, цинка и кадмия: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Metallurgia', спец. 'Metallurgia цв. металлов' | Электронная библиотека | М.: Учеба, 2006 |
| Л1.7 | Гудима Н. В., Карасев Ю. А., Кистяковский Б. Б., др., Гудима Н. В. | Технологические расчеты в металлургии тяжелых цветных металлов: учеб. пособие для техникумов цв. металлургии | Библиотека МИСиС | М.: Metallurgia, 1977 |
| Л1.8 | Колчин Ю. О., Миклушевский В. В., Медведев А. С. | Теория и аппаратура гидromеталлургических процессов: Разд.: Аппараты для гидromеталлургических процессов: (часть 1): Сб. дом. заданий для студ. спец. 110200 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1997 |
| Л1.9 | Медведев А. С., Стрижко В. С., Коршунов Б. Г. | Теория и аппаратура гидromеталлургических процессов: Разд.: Аппараты для гидromеталлургических процессов: (Ч.1): учеб. пособие для практ. занятий для студ. спец. 11.02 | Библиотека МИСиС | , 1995 |
| Л1.10 | Нестеренко П. А., Лактионов С. В., Полховская Т. М., Карпов Ю. А. | Управление качеством и сертификация продукции: Разд.: Методы неразрушающего контроля: лаб. практикум для студ. спец. 110400, 072000 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1996 |
| Л1.11 | Медведев А. С., Александров П. В. | Современные методы и оборудование металлургии и материаловедения. Оборудование гидromеталлургических процессов (N 2929): учеб. пособие | Электронная библиотека | М.: [МИСиС], 2016 |
| 6.1.2. Дополнительная литература | | | | |
| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
| Л2.1 | Фролов В. Ф. | Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии": учебное пособие | Электронная библиотека | Санкт-Петербург: Химиздат, 2020 |

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|-------|---|--|------------------------|--|
| Л2.2 | Карибский В. В., Пархоменко П. П., Согомонян Е. С., Касаткин А. С. | Техническая диагностика объектов контроля | Электронная библиотека | Москва: Энергия, 1967 |
| Л2.3 | Бородулин Д. М., Иванец В. Н., Шишкина Н. В. | Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие | Электронная библиотека | Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2007 |
| Л2.4 | Миткалинный В. И., Кривандин В. А., Морозов В. А., др. | Металлургические печи: Атлас: Учеб. пособие для студ. металлург. и машиностроит. спец. вузов | Библиотека МИСиС | М.: Metallurgia, 1987 |
| Л2.5 | Крапухин В. В. | Печи для цветных и редких металлов: Учебник для техникумов цветной металлургии | Библиотека МИСиС | М.: Metallurgia, 1980 |
| Л2.6 | Баймаков Ю. В., Журин А. И. | Электролиз в гидрометаллургии: Учеб. пособие для студ. вузов спец. 'Металлургия цв. металлов' | Библиотека МИСиС | М.: Metallurgia, 1977 |
| Л2.7 | Агеева Г. Н., Барсуков А. Д., Портной В. К., Новиков И. И. | Металлография и физические свойства металлов: Лаб. практикум для студ. спец. 0408 | Библиотека МИСиС | , 1983 |
| Л2.8 | Сорокин М. Л., Быстров В. П. | Металлургия меди, никеля и сопутствующих элементов и проектирование цехов: Разд.: Электролиз меди: Курс лекций для студ. спец. 11.02 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1991 |
| Л2.9 | Медведев А. С. | Выщелачивание и способы его интенсификации | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2005 |
| Л2.10 | | Дефектоскопия: Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН | Библиотека МИСиС | Екатеринбург: УрО РАН, |

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| | | |
|----|--|---|
| Э1 | eLIBRARY.RU - НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА | https://elibrary.ru/defaultx.asp? |
| Э2 | Федеральный институт промышленной собственности | https://www.fips.ru/ |
| Э3 | Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору | http://www.gosnadzor.ru/ |
| Э4 | Российская государственная библиотека им. В.И. Ленина | https://www.rsl.ru/ |
| Э5 | Государственная публичная научно-техническая библиотека России | http://www.gpntb.ru/ |
| Э6 | Учебно-методическая литература для студентов | https://www.studmed.ru/ |

6.3 Перечень программного обеспечения

| | |
|-----|--------------------------|
| П.1 | Win Pro 10 32-bit/64-bit |
| П.2 | Microsoft Office |
| П.3 | Консультант Плюс |
| П.4 | МАТCAD |

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

| | |
|-----|---|
| И.1 | НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА - eLIBRARY.RU - https://elibrary.ru/defaultx.asp? |
| И.2 | Российская государственная библиотека им. В.И. Ленина - https://www.rsl.ru/ |
| И.3 | Государственная публичная научно-техническая библиотека России - http://www.gpntb.ru/ |
| И.4 | Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору - http://www.gosnadzor.ru/ |
| И.5 | Справочно-правовая система (СПС) «Консультант Плюс» - https://cons-plus.ru/ |

| 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ | | |
|---|--|---|
| Ауд. | Назначение | Оснащение |
| К-541 | Учебная аудитория/Лабораторная: | проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели |
| Читальный зал №3 (Б) | | комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus. |
| Читальный зал №4 (Б) | | комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета |
| Читальный зал электронных ресурсов | | комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus. |
| Любой корпус Мультимедийная | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus |

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Практические занятия проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint и мультимедийных средств.
2. Текущий контроль СР проводится с использованием e-mail, MS Teams и при личной явке.
3. Консультации по курсу проводятся с использованием e-mail, MS Teams и при личной явке.