

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 31.08.2023 14:27:22

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Электрометаллургия алюминия и магния. Производство алюминия и магния

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

**8 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

288

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 1

аудиторные занятия

72

курсовой проект 1

самостоятельная работа

180

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	18	18	18	18
Лабораторные	18	18	18	18
Практические	36	36	36	36
Итого ауд.	72	72	72	72
Контактная работа	72	72	72	72
Сам. работа	180	180	180	180
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	288	288	288	288

Программу составил(и):

*ктн, профессор, Лысенко Андрей Павлович; ассистент, Васильева Елена Сергеевна*

Рабочая программа

**Электрометаллургия алюминия и магния. Производство алюминия и магния**

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 Metallургия, 22.04.02-ММТ-23-6.plx Технологический менеджмент в производстве цветных металлов и золота, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Metallургия, Технологический менеджмент в производстве цветных металлов и золота, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

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 - подготовка специалиста к научно-технической и организационно-методической деятельности, ориентированной на комплексное использование сырья и отходов алюминия и магния, а также в области маркетинга; использование научного подхода при переработке сырья и отходов алюминия и магния;
1.2	- выбор технологических схем, позволяющих комплексно использовать сырье и получать конечные продукты требуемого качества с учетом экологических требований и экономической целесообразности; выбор новых способов и необходимого оборудования для утилизации фторсодержащих отходов алюминия и магния; проведение технологического, экологического и экономического анализа существующих схем для комплексного использования сырья и отходов алюминия и магния; адаптация в области дальнейшей практической деятельности; преодоление трудностей, проявление самостоятельности и способности грамотно выражать свои мысли.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.03
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение	
2.2.2	Моделирование и оптимизация технологических процессов	
2.2.3	Научно-исследовательская практика	
2.2.4	Информационные технологии	
2.2.5	Металлургия благородных металлов. Комплексное использование сырья и отходов благородных металлов	
2.2.6	Металлургия вторичных легких металлов. Производство легких сплавов	
2.2.7	Металлургия меди и никеля. Комплексное использование сырья и отходов меди и никеля	
2.2.8	Металлургия рассеянных редких металлов. Комплексное использование сырья и отходов рассеянных редких металлов	
2.2.9	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов. Комплексное использование сырья и отходов редкоземельных и радиоактивных металлов	
2.2.10	Металлургия свинца и цинка. Комплексное использование сырья и отходов свинца и цинка	
2.2.11	Металлургия тугоплавких редких металлов. Комплексное использование сырья и отходов тугоплавких редких металлов	
2.2.12	Научно-исследовательская работа	
2.2.13	Новые металлургические технологии, часть 2	
2.2.14	Потребительские свойства металлургической продукции	
2.2.15	Производство глинозема. Комплексное использование сырья и отходов производства глинозема	
2.2.16	Современные методы и оборудование металлургии, машиностроения и материаловедения	
2.2.17	Современные проблемы металлургии, машиностроения и материаловедения	
2.2.18	Современные экономические проблемы цветной металлургии	
2.2.19	Управление проектами	
2.2.20	Электрометаллургия алюминия и магния. Комплексное использование сырья и отходов алюминия и магния	
2.2.21	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.22	Преддипломная практика	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-5-31 Фундаментальные проблемы цветной металлургии
<b>ПК-4: Способен разрабатывать предложения по повышению эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов в производстве цветных, редких благородных металлов</b>
<b>Знать:</b>
ПК-4-31 Теоретические и технологические основы процессов и технологий производства цветных металлов и их соединений

<b>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</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-4-31 Базы данных, пакеты прикладных программ и средства компьютерной графики для решения профессиональных задач
<b>ПК-3: Способен осуществлять менеджмент ресурсов</b>
<b>Знать:</b>
ПК-3-31 Способы расчета эффективности использования материалов (и наноматериалов)
<b>ПК-2: Способен применять профессиональные знания для создания гибких, многоцелевых и/или энергосберегающих прогрессивных металлургических процессов и технологий переработки первичных и/или вторичных сырьевых ресурсов цветных, редких и благородных металлов</b>
<b>Знать:</b>
ПК-2-31 Теоретические и технологические основы прогрессивных технологий и новейших способов интенсификации металлургических процессов производства цветных, редких и благородных металлов.
<b>ПК-1: Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по тематике организации</b>
<b>Знать:</b>
ПК-1-31 Методы проведения исследований и разработок
<b>ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы в условиях неопределенности и альтернативных решений в междисциплинарных областях</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-2-31 Основы технического проектирования для решения задач, относящихся к профессиональной деятельности, требования стандартов на составление и оформление научно-технических отчетов, обзоров, публикаций, рецензий
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-1-31 Теоретические и технологические основы типовых процессов и технологий производства цветных металлов и их соединений
<b>ПК-1: Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по тематике организации</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 Анализ технологических схем получения цветных металлов и их соединений для выбора направления их совершенствования
<b>ПК-3: Способен осуществлять менеджмент ресурсов</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У1 Проводить расчет эффективности использования материалов (и наноматериалов)
<b>ПК-2: Способен применять профессиональные знания для создания гибких, многоцелевых и/или энергосберегающих прогрессивных металлургических процессов и технологий переработки первичных и/или вторичных сырьевых ресурсов цветных, редких и благородных металлов</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У1 Определять цели выполняемой работы и последовательность действий при решении поставленных задач
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 Решать типовые профессиональные задачи в области металлургии цветных металлов используя фундаментальные знания
<b>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</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-4-У1 Применять базы данных, пакеты прикладных программ и средства компьютерной графики для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
<b>ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы в условиях неопределенности и альтернативных решений в междисциплинарных областях</b>

<b>Уметь:</b>
ОПК-2-У1 Оформлять научно-техническую, проектную и служебную документацию обзоры, публикации, рецензии, в соответствии требованиями нормоконтроля при оформлении научно-технических отчетов
<b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-5-У1 Оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований по совокупности признаков, обосновывать выбор оптимального решения, систематизируя и обобщая достижения в металлургической и смежных отраслях
<b>ПК-4: Способен разрабатывать предложения по повышению эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов в производстве цветных, редких благородных металлов</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-4-У1 Анализ технологических схем получения цветных металлов и их соединений для выбора направления их совершенствования
<b>ПК-3: Способен осуществлять менеджмент ресурсов</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 Анализ эффективности использования материалов
<b>ПК-4: Способен разрабатывать предложения по повышению эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов в производстве цветных, редких благородных металлов</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В1 Навык обоснованного выбора процесса и/или технологической схемы производства цветных металлов и их соединений с учетом экологических требований и экономической целесообразности
<b>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</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-4-В1 Термодинамические расчеты систем с использованием современного программного обеспечения
<b>ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы в условиях неопределенности и альтернативных решений в междисциплинарных областях</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-2-В1 Приемы и методы приведения в соответствие требованиям и норм стандартов разработанную документацию, формированием и оформлением отчетов, с соблюдением требованиям ГОСТ
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 Навыками типовых технологических расчетов для решения производственных и/или исследовательских задач в области производства цветных металлов и их соединений
<b>ПК-2: Способен применять профессиональные знания для создания гибких, многоцелевых и/или энергосберегающих прогрессивных металлургических процессов и технологий переработки первичных и/или вторичных сырьевых ресурсов цветных, редких и благородных металлов</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 Формирование и аргументация собственных суждений и научной позиции в области разработки и исследований процессов производства цветных металлов и их соединений
<b>ПК-1: Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по тематике организации</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 Организация сбора и изучения научно-технической документации по теме
<b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-5-В1 Навыками анализа материалов, процессов и технологий для обоснованной оценки результатов научно-технических разработок и исследований

## 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
	<b>Раздел 1. Производство алюминия</b>							
1.1	Производство электродов и фтористых солей. Получение фтористых солей. Криолит, фториды натрия. Назначение и способы их получения. /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-2-31 ОПК-4-31 ОПК-5-31 ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э8 Э9 Э10		КМ1	
1.2	Оборудование: трубчатая вращающаяся печь, адсорбер. Производство электродных изделий. Оборудование: ретортные печи, дробилки, электрическая печь сопротивления. /Лек/	1	2	ОПК-2-31 ОПК-4-31 ОПК-5-31	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Э1 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9 Э10		КМ1	
1.3	Теория электролиза криолитоглиноземных расплавов. Строение криолит-глиноземных расплавов. Диаграмма состояния NaF-AlF <sub>3</sub> . Диаграмма состояния Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub> – Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . /Лек/	1	2	ОПК-2-31 ОПК-4-31 ОПК-5-31	Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э7 Э8 Э9 Э10		КМ1	
1.4	Физико-химические свойства криолитоглиноземных расплавов и влияние на них различных добавок. Теория электролитического способа получения алюминия. Модельные представления электролиза криолитоглиноземных расплавов. /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-2-31 ОПК-4-31 ОПК-5-31	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Э7 Э8 Э9 Э10		КМ1	
1.5	Процессы на электродах. Анодный эффект Выход потоку, расход электроэнергии и влияние на них различных факторов. /Лек/	1	2	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Э7 Э8 Э9 Э10		КМ1	
1.6	Конструкция и расчет алюминиевой ванны. Оборудование: электролизер с обожженными анодами, электролизер с боковым и верхним подводом тока к самообжигающемуся аноду. Сравнительная характеристика ванн. Катодное, анодное устройства. Ошиновка. /Пр/	1	4	ОПК-1-31 ОПК-2-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9 Э10			Р7
1.7	Новые материалы и перспективные направления в конструировании электролизеров. Основы расчета алюминиевой ванны. /Лек/	1	2	ОПК-4-31 ОПК-5-У1 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э8 Э9 Э10		КМ1	

1.8	Примеры материального, теплового и электрического балансов ванн. Тепловой и электрический КПД электролизеров и задачи их улучшения. /Пр/	1	4	ОПК-1-31 ОПК-2-31 ОПК-5-У1 ПК -2-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э8 Э9 Э10			Р8
1.9	ГОСТ на алюминий. Анализ себестоимости алюминия Технико-экономические показатели электролиза.. Расположение ванн в корпусе и устройство цеха электролиза. Газоотсос и газоочистка. Регенерация фтористых солей. Экологические вопросы. /Пр/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-2-В1 ПК- 3-У1 ПК-3-В1 ПК-4-У1 ПК-4 -В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Э1 Э8 Э9 Э10			Р9
1.10	Расположение ванн в корпусе и устройство цеха электролиза. Газоотсос и газоочистка. Регенерация фтористых солей. Экологические вопросы. /Пр/	1	2	ПК-1-В1 ПК-2 -31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Э8 Э9 Э10			Р10
1.11	Рафинирование алюминия. Теория электролитического рафинирования алюминия. Основные принципы рафинирования алюминия. Составы электролита и анодного сплава. Их физико-химические свойства и строение. Технология рафинирования алюминия. Оборудование: электролизер. Основные операции по их обслуживанию. Технико-экономические показатели процесса. /Пр/	1	6	ОПК-2-В1 ОПК-5-У1 ПК -2-В1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Э8 Э9 Э10			Р11
1.12	Металлические и неметаллические примеси в алюминиевых сплавах. Литейные и деформируемые сплавы и ГОСТ на них. Алюминиевые сплавы-раскислители. /Пр/	1	2	ОПК-2-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ПК- 4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Э8 Э9 Э10			Р12
1.13	Охрана труда и окружающей среды при переработке алюминиевых отходов и лома. Переработка «свежих» шлаков в центрифуге и прессе. Технологическая схема гидрометаллургической переработки «старых» шлаков. /Пр/	1	2	ПК-2-31 ПК-3- У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э8 Э9 Э10			Р13

1.14	Технология электролитического производства алюминия. Устройство электролизного цеха. Пуск и работа ванн в послепусковой период. Обслуживание ванн: обработка ванн и загрузка в них глинозема, извлечение металла и обслуживание анодов. Нарушения в работе электролизеров и их устранение: горячий ход, холодный ход, карбидообразование, трудноустраняемый анодный эффект, прорыв расплава из шахты.  /Пр/	1	4	ОПК-2-В1 ОПК-5-У1 ПК -2-В1 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Э8 Э9 Э10			Р14
1.15	Курсовой проект /Ср/	1	180	ОПК-1-В1 ОПК-2-У1 ОПК-4-У1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9		КМ2	
1.16	экспериментальное определение молекулярного состава криолита. /Лаб/	1	4	ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э8 Э9 Э10			Р2
1.17	Коррозионная стойкость магния и его сплавов /Лаб/	1	4	ОПК-2-В1 ОПК-4-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Э10			Р3
1.18	Электролиз водного раствора с растворимым анодом /Лаб/	1	4	ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э8 Э9 Э10			Р4
1.19	Получение глинозема по способу Байера /Лаб/	1	4	ОПК-1-У1 ОПК-2-У1	Л2.1 Л2.2 Л1.1 Л1.2Л1.1 Э1 Э7 Э8 Э10			Р5
1.20	Дегазация алюминия и алюминиевых сплавов /Лаб/	1	2	ОПК-1-У1 ОПК-2-У1	Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э7 Э8 Э10			Р6
	<b>Раздел 2. Производство магния.</b>							
2.1	Подготовка магниевого сырья. Производство искусственного карналлита. Технологическая схема. Получение обезвоженного хлорида магния. Аппаратурно-технологическая схема первичного обезвоживания карналлита. /Лек/	1	2	ОПК-4-31 ОПК-5-31 ОПК-5-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Э8 Э9		КМ1	



2.2	Конструкция печи кипящего слоя. Трубчатая вращающаяся печь. Получение безводного хлорида магния. Конструкция хлоратора. Техничко-экономические показатели печей. /Лек/	1	2	ОПК-2-31 ОПК-5-31 ОПК-5-В1	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э7 Э8 Э9 Э10		КМ1	
2.3	Физико-химические свойства электролитов магниевых ванн. Плавкость систем $MgCl_2 - KCl$ , $MgCl_2 - NaCl$ , $MgCl_2 - NaCl - KCl$ . Плотность, вязкость, электропроводность и поверхностное натяжение электролита. /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-2-31 ПК-3-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э7 Э8 Э9 Э10		КМ1	
2.4	Теоретические основы получения магния электролизом. Напряжение разложение и процессы на электродах. Выход по току и расход электроэнергии. Технология электролитического производства магния. Конструкции магниевых электролизеров. Диафрагменный электролизер. Бездиафрагменный электролизер. Преимущества и недостатки. Обслуживание электролизеров. Техничко-экономические показатели электролиза магния. /Пр/	1	4	ОПК-1-31 ОПК-2-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э7 Э8 Э9 Э10			Р15
2.5	Термические способы получения магния. Теоретические основы способов. Технология термического восстановления магния. Способ «Магнетерм». Способ «Пиджена». Способ «Бользано». Перспективные направления развития электрометаллургии магния. /Пр/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2Л2.1 Л2.2 Э2 Э3 Э4 Э5			Р16
2.6	Рафинирование магния. Флюсы для рафинирования магния. Металлотермические методы очистки магния. Рафинирование возгонкой. Электролитическое рафинирование. Содержание примесей в магнии до и после рафинирования в зависимости от способа очистки. /Пр/	1	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э7 Э8 Э9 Э10			Р17

## 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	Экзамен	ОПК-5-31;ОПК-5-В1;ОПК-4-31;ОПК-2-31;ОПК-4-В1;ОПК-2-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-В1;ОПК-1-У1;ПК-1-31;ПК-4-У1;ПК-4-31;ПК-3-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-4-В1	<p>Электрометаллургия Al</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.История создания технологии производства алюминия и конструкций электролизёров.</li> <li>2.Основные технико-экономические показатели электролиза. Их характеристика.</li> <li>3.Электронная конфигурация атома алюминия. Химические свойства алюминия и его соединений.</li> <li>4.Физические свойства алюминия и области его применения.</li> <li>5.Себестоимость алюминия сырца.</li> <li>6.Электролизёры с самообжигающимся анодом и верхним токоподводом. Распространённость данного типа электролизёра. Достоинства и недостатки конструкции. Техничко-экономические показатели его работы.</li> <li>7.Электролизёры с самообжигающимся анодом и боковым токоподводом. Распространённость данного типа электролизёра. Достоинства и недостатки конструкции. Техничко-экономические показатели его работы.</li> <li>8.Электролизёры с обожжёнными анодами. Распространённость данного типа электролизёра. Достоинства и недостатки конструкции. Техничко-экономические показатели его работы.</li> <li>9.Электролизёры с инертными анодами и смачиваемым катодом. Основной принцип работы. Конструкции электролизёров. Техничко-экономические показатели.</li> <li>10.Технология ТАС. Конструкция электролизёров. Техничко-экономические показатели.</li> <li>11.Законы термодинамики применительно к работе алюминиевого электролизёра. Теплота и работа. Уравнение энергетического баланса. Уравнение Гиббса-Гельмгольца.</li> <li>12.Равновесная ЭДС. Уравнение Нернста. Влияние концентрации глинозёма на равновесную ЭДС.</li> <li>13.Катодный процесс. Катодные реакции. Стадии катодного процесса. Катодное перенапряжение.</li> <li>14.Совместный разряд ионов на катоде.</li> <li>15.Границы раздела: алюминий – электролит; настыль – электролит – металл; алюминий – электролит – угольный катод, анод – электролит.</li> <li>16.Анодные реакции. Стадии анодного процесса. Анодное перенапряжение.</li> <li>17.Состав электролита. Основные функции электролита.</li> <li>18.Диаграммы плавкости. Двойные системы NaF-AlF<sub>3</sub>, Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Тройная система Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- AlF<sub>3</sub>.</li> <li>19.Способы выражения концентрации электролита. Криолитовое отношение.</li> <li>20.Структура электролита. Основные ионы.</li> <li>21.Введение добавок в электролит. Критерии выбора добавок. Влияние добавок на процесс электролиза.</li> <li>22.Влияние состава электролита на температуру ликвидуса и плотность, электропроводность, растворимость глинозёма и упругость пара.</li> <li>23.Поверхностные явления в алюминиевом электролизёре.</li> <li>24.Растворимость алюминия в электролите. Растворимость карбида алюминия.</li> <li>25.Вязкость и теплопроводность электролита.</li> <li>26.Оптимальный состав электролита. Критерии оптимизации.</li> <li>27.Основные функции глинозёма в ванне. Физико-химические свойства глинозёма и их влияние на технологию электролиза.</li> <li>28.Скорость и механизм растворения глинозёма в электролите. Влияние различных факторов на скорость растворения.</li> <li>29.Криолито-глинозёмные корки. Функции и свойства корок. Механизм их образования.</li> </ol>

		<p>30. Вторичный глинозём. Свойства и поведение в ванне.  31. Коржи и осадки. Механизм их образования. Свойства. Их влияние на процесс электролиза.  32. Способы питания ванн глинозёмом. Расходные коэффициенты глинозёма.  33. Зависимость напряжения на ванне от концентрации глинозёма. Псевдосопротивление. Основы регулирования работы АПГ.  34. АПГ. Принцип работы. Конструкции.  35. Свойства фторсолей и их поведение в ванне, основные статьи расхода и прихода фторсолей.  36. Контроль и поддержание концентрации фторида алюминия в ванне.  37. Гарнисаж и настыл. Состав и роль в работе электролизёра.  38. Выход по току. Механизмы потерь металла.  39. Выход по току. Влияние карбида алюминия и примесей электролита на выход по току.  40. Влияние состава электролита, примесей, температуры, плотности тока и межполюсного расстояния на выход по току.  41. Удельный расход электроэнергии. Составляющие напряжения на электролизной ванне.  42. Самообжигающийся анод. Сырьё и технология приготовления анодной массы.  43. Процессы, протекающие при коксовании анодной массы.  44. Технология сухой анодной массы.  45. Технология обслуживания анода Содерберга.  46. Технологические нарушения при работе анода Содерберга.  47. Расход анодной массы.  48. Обожжённый анод. Сырьё и технология получения. Конструкция и монтаж анода.  49. Основные статьи расхода анода.  50. Основные свойства обожжённого анода. Их влияние на работу анода.  51. Установка обожжённого анода в ванну. Защита обожжённого анода от окисления и коррозии.  52. Термическая устойчивость обожжённого анода.  53. Технологические нарушения, связанные с работой обожжённого анода.  54. Анодный эффект. Механизм возникновения. Признаки АЭ. Гашение АЭ.  55. Основные функции катода. Конструкция катодного устройства.  56. Катодные блоки. Типы и устройство катодных блоков.  57. Угольная подина и боковая футеровка. Материалы и устройство.  58. Теплоизоляционная футеровка. Её назначение. Материалы.  59. Огнеупорная футеровка. Её назначение. Материалы.  60. Типы катодных кожухов. Конструкции.  61. Основные причины разрушения катода. Срок службы электролизёра.  62. Обжиг электролизёра. Цели обжига. Виды обжига.  63. Пуск электролизёра. Особенности ухода за ванной.  64. Послепусковой период. Вывод электролизёра на нормальный технологический режим.  65. Технология обслуживания электролизёра. Контролируемые параметры.  66. Ошиновка алюминиевого электролизёра. Её назначение и конструкция.  67. Качество первичного алюминия. Марки алюминия.  68. Взаимодействие металла с электролитом и подиной электролизёра.</p> <p>Электрометаллургия Mg.  1. Свойства магния и его применение.  2. Основные области применения магния.  3. История развития и мировое производство магния.  4. Магниевое сырьё.  5. Карналлитовая схема получения магния.  6. Получение магния из рассольного сырья.  7. Получение магния из морской воды и доломита.</p>
--	--	---

			8.Получение магния из озёрной рапы. 9.Получение хлорида магния из хлормagneиeвых щёлоков. 10.Технологическая схема процесса «Magnola». 11.Получение магния хлорированием магнезита. 12.Схема получение магния с использованием возвратного хлорида магния титанового производства. 13.Смешанные схемы получение магния. 14.Теоретические основы обезвоживания бишофита. 15.Технология обезвоживания бишофита. 16.Теоретические основы хлорирования магнезита. 17.Технология хлорирования магнезита. 18.Теоретические основы обезвоживания карналлита. 19.Технология обезвоживания карналлита (первая стадия обезвоживания). 20.Технология обезвоживания карналлита (вторая стадия обезвоживания). 21.Основные типы электролитов магниевого производства. 22.Плавкость расплавов систем $MgCl_2 - KCl$ , $MgCl_2 - NaCl$ и $MgCl_2 - NaCl - KCl$ . 23.Плотность электролитов магниевого производства. 24.Вязкость электролитов магниевого производства. 25.Давление паров электролитов магниевого производства. 26.Поверхностное натяжение электролитов магниевого производства. 27.Электропроводность и числа переноса электролитов магниевого производства. 28.Строение расплавов хлоридов. 29.Напряжение разложения $MgCl_2$ в расплавленных хлоридах. 30.Электродные реакции в магневом электролизёре. 31.Образование шлама. 32.Склонность электролитов к гидролизу. 33.Хлорируемость оксидов в электролитах различного состава. 34.Растворимость оксидов в хлоридных электролитах. 35.Растворимость магния в расплавах хлоридов. 36.Растворимость хлора в расплавах хлоридов. 37.Конструкции диафрагменных электролизёров. 38.Конструкции бездиафрагменных электролизёры. 39.Конструкции магневых электролизеров и технология электролиза за рубежом. 40.Влияние состава и физико-химических свойств электролита на электролиз. 41.Влияние циркуляции электролита на показатели электролиза. 42.Влияние геометрических параметров электролизёра и плотности тока на показатели электролиза. 43.Пуск магневых электролизёров. 44.Обслуживание магневых электролизёров. 45.Цех электролитического получения магния. 46.Отсос газов от электролизёров и их очистка. 47.Технологические нарушения при электролитическом производстве магния. 48.Техника безопасности и охрана окружающей среды при электролитическом производстве магния. 49.Энергетический и материальный балансы магниевого электролизёра. 50.Марки магния, наличие примесей. .
КМ2	Защита курсового проекта		Проект электролизера с обожженными анодами для получения алюминия на силу тока 500 кА и выходом по току не менее 94 %. Конструкционный, энергетический и электрический расчеты.
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы

P1	Курсовой проект	ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ПК-4-31;ПК-4-В1	Проект электролизера с обожженными анодами для получения алюминия на силу тока 500 кА и выходом по току не менее 94 %. Конструкционный, энергетический и электрический расчеты.
P2	Лабораторная работа 1 экспериментальное определение молекулярного состава криолита.	ОПК-5-В1;ОПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-2-У1	Овладеть навыками определения молекулярного состава криолита с различным криолитовым отношением.
P3	Лабораторная работа 2 Коррозионная стойкость магния и его сплавов	ОПК-5-В1;ОПК-2-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	Оценить коррозионные свойства магния и его сплавов. Закрепить знания о коррозии.
P4	Лабораторная работа 3 Электролиз водного раствора с растворимым анодом	ОПК-5-В1;ОПК-2-У1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-31	Овладеть методикой ведения электролиза водного раствора алюминия при применении расходоуемого анода.
P5	Лабораторная работа 4 Получение глинозема по способу Байера	ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;ПК-4-В1;ПК-4-31	Закрепить знания в области технологии получения глинозема из бокситов по способу Байера.
P6	Лабораторная работа 5 Дегазация алюминия и алюминиевых сплавов	ПК-4-В1;ПК-4-У1;ПК-4-31;ОПК-5-В1	Овладеть методикой дегазации алюминиевых сплавов и контроля газонасыщенности металла.
P7	Практические занятия 1	ОПК-4-У1;ОПК-2-31;ОПК-1-31	Конструкция и расчет алюминиевой ванны. Оборудование: электролизер с обожженными анодами, электролизер с боковым и верхним подводом тока к самообжигающемуся аноду. Сравнительная характеристика ванн. Катодное, анодное устройства. Ошиновка.
P8	Практическое занятие 2	ОПК-5-У1;ОПК-2-31;ОПК-1-31;ПК-2-У1;ПК-4-В1	Примеры материального, теплового и электрического балансов ванн. Тепловой и электрический КПД электролизеров и задачи их улучшения.
P9	Практическое занятие 3	ОПК-2-В1;ОПК-1-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-4-У1;ПК-4-В1	ГОСТ на алюминий. Анализ себестоимости алюминия Технико-экономические показатели электролиза.. Расположение ванн в корпусе и устройство цеха электролиза. Газоотсос и газоочистка. Регенерация фтористых солей. Экологические вопросы.
P10	Практическое занятие 4	ПК-4-У1;ПК-2-31;ПК-1-В1	Расположение ванн в корпусе и устройство цеха электролиза. Газоотсос и газоочистка. Регенерация фтористых солей. Экологические вопросы.
P11	Практические занятия 5	ОПК-5-У1;ОПК-2-В1;ПК-2-В1;ПК-4-В1	Рафинирование алюминия. Теория электролитического рафинирования алюминия. Основные принципы рафинирования алюминия. Составы электролита и анодного сплава. Их физико-химические свойства и строение. Технология рафинирования алюминия. Оборудование: электролизер. Основные операции по их обслуживанию. Технико-экономические показатели процесса.
P12	Практическое занятие 6	ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;ОПК-2-В1;ПК-4-В1;ПК-4-У1	Металлические и неметаллические примеси в алюминиевых сплавах. Литейные и деформируемые сплавы и ГОСТ на них. Алюминиевые сплавы-раскислители.
P13	Практическое занятие 7	ПК-4-В1;ПК-3-У1;ПК-2-31	Охрана труда и окружающей среды при переработке алюминиевых отходов и лома. Переработка «свежих» шлаков в центрифуге и прессе. Технологическая схема гидromеталлургической переработки «старых» шлаков.

P14	Практические занятия 8	ОПК-5-У1;ОПК-2-В1;ПК-2-В1;ПК-4-У1	Технология электролитического производства алюминия. Устройство электролизного цеха. Пуск и работа ванн в послепусковой период. Обслуживание ванн: обработка ванн и загрузка в них глинозема, извлечение металла и обслуживание анодов. Нарушения в работе электролизеров и их устранение: горячий ход, холодный ход, карбидообразование, трудноустраняемый анодный эффект, прорыв расплава из шахты.
P15	Практические занятия 9	ОПК-4-У1;ОПК-2-31;ОПК-1-31	Теоретические основы получения магния электролизом. Напряжение разложение и процессы на электродах. Выход по току и расход электроэнергии. Технология электролитического производства магния. Конструкции магниевых электролизеров. Диафрагменный электролизер. Бездиафрагменный электролизер. Преимущества и недостатки. Обслуживание электролизеров. Техничко-экономические показатели электролиза магния.
P16	Практическое занятие 10	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Термические способы получения магния. Теоретические основы способов. Технология термического восстановления магния. Способ «Магнетерм». Способ «Пиджена». Способ «Большано». Перспективные направления развития электрометаллургии магния.
P17	Практические занятия 11	ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1	Рафинирование магния. Флюсы для рафинирования магния. Металлотермические методы очистки магния. Рафинирование возгонкой. Электролитическое рафинирование. Содержание примесей в магнии до и после рафинирования в зависимости от способа очистки.

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

#### Экзаменационный билет №1

1. Какие реакции протекают в рабочем пространстве магниевых электролизера, который питается оксидно-угольной шихтой? (1 балл)
2. На какие показатели влияет конструкция обожженного анода (щелевая подошва или вертикальные отверстия) алюминиевого электролизера? (1 балл)
3. Серия из 150 непрерывно работающих алюминиевых электролизеров с силой тока 145 кА за 30 дней произвела 4700 тонн алюминия, содержащего 99,5% алюминия. Среднее напряжение на ваннах 695 В. Определить выход по току и удельный расход электроэнергии в расчете на 100% металла. (3 балла)

#### Экзаменационный билет №2

1. Какие реакции протекают в рабочем пространстве алюминиевого электролизера, который питается глиноземом? (1 балл)
2. В чем заключается отличие конструкции поточной линии магниевых электролизеров от стандартной цеховой компоновки? Как эта новизна может отразиться на технико-экономических показателях работы электролизера? (1 балл)
3. Магниевый электролизер на силу тока 140 кА, выход по току 80%, напряжение на ванне 5,5 В, чистого металла в магний-сырце 99,5%. Определить сколько магний-сырца и хлора может быть получено за год с такого электролизера при его непрерывной работе? Удельный расход электроэнергии на получение магния и хлора? (2 балла)

### 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
---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Николаев И. В., Москвитин В. И., Фомин Б. А.	Металлургия легких металлов: Учебник для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия', спец. 'Металлургия цвет. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1997
Л1.2	Гульдин И. Т., Сидорин Г. Н.	Металлургия легких металлов: Учеб. пособие для практ. занятий для студ. спец. 11.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1988

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Зайков Ю. П., и др.	Электрохимия расплавленных солей: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014
Л2.2	Булидорова Г. В., Галяметдинов Ю. Г., Ярошевская Х. М., Барабанов В. П.	Электрохимия и химическая кинетика: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2014
Л2.3	Москвитин В. И., Николаев И. В., Фомин Б. А.	Металлургия легких металлов: учебник для студ. вузов спец. 'Металлургия цв. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Интернет инжиниринг, 2005

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Сайт Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности»	www1.fips.ru
Э2	Esp@cenet (Европейская патентная организация)	https://worldwide.espacenet.com/
Э3	Базы данных Всемирной организации интеллектуальной собственности	https://www.wipo.int/portal/en/index.html
Э4	База данных патентов США (Ведомство по патентам и товарным знакам США)	https://www.uspto.gov/
Э5	Наукометрическая база данных Web of Science	https://apps.webofknowledge.com/
Э6	Наукометрическая база данных Scopus	https://www.scopus.com/
Э7	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	https://elibrary.ru/
Э8	Российская Государственная Библиотека	https://www.rsl.ru/
Э9	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	http://www.gpntb.ru/
Э10	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

#### 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	Полнотекстовая электронная библиотека МИСиС http://elibrary.misis.ru/
И.5	Полнотекстовая Университетская библиотека онлайн http://biblioclub.ru/

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Polux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели

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.
К-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели
К-541	Учебная аудитория	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.
М-102	Учебная аудитория	Комплект учебной мебели на 15 рабочих мест, ноутбуки с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
К-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели

#### **8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

1. Лекции и практические занятия проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint.
2. Семинарские занятия проводятся с использованием мультимедийных средств.
3. Консультации по курсу проводятся с использованием e-mail, средств LMS CANVAS И и при личной явке.
4. Текущий контроль проводится в часы семинарских занятий.