

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Металлургии цветных металлов (129)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №09 от 09 февраля 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«ПРОИЗВОДСТВО ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ»

Направление: 22.03.02 Metallургия

Электрометаллургия алюминия

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью
Составитель программы: Сысоев Иван Алексеевич
Дата подписания: 02.05.2026

Документ подписан простой электронной подписью
Утвердил и согласовал: Немчинова Нина Владимировна
Дата подписания: 08.05.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Производство обожженных анодов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-4 Способность осуществлять, анализировать и корректировать процессы металлургической переработки металлосодержащих руд и вторичного сырья, а также получения первичного алюминия и(или) производства обожженных анодов и(или) литейного производства	ПКС-4.7, ПКС-4.8
ПКС-7 Способность осуществлять расчеты материальных потоков, балансов процессов и/или элементов конструкций оборудования при проектировании цехов электролиза/литья и(или) анодных фабрик	ПКС-7.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-4.7	Демонстрирует способность осуществлять технологические процессы электролизного производства алюминия и(или) литейного производства и(или) производства обожженных анодов	Знать Состав и свойства углеродных материалов, используемых производстве обожженных анодов, технологическую схему производства обожженных анодов Уметь осуществлять технологические процессы производства обожженных анодов Владеть навыками обслуживания технологического оборудования, используемого при производстве обожженных анодов с целью решения технологических, экологических и иных проблем.
ПКС-4.8	Демонстрирует способность корректировать технологические процессы электролизного производства алюминия и(или) литейного производства и(или) производства обожженных анодов	Знать технико-экономические показатели производства обожженных анодов. Уметь корректировать технологические параметры процесса производства обожженных анодов с целью достижения требуемых показателей по качеству обожженных анодов Владеть навыками решения технологических, экологических и иных проблем в процессе производства

		обоженных анодов
ПКС-7.1	Выполняет расчеты балансов электро-, пирометаллургических и иных металлургических процессов, и/или конструкций принимаемого к установке основного и/или вспомогательного оборудования при проектировании в области электрометаллургии алюминия и(или) производства обоженных анодов и(или) и литья	Знать Уметь Владеть

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Производство обоженных анодов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Детали машин и основы метрологии», «Металлургические технологии», «Углеродные материалы», «Оборудование металлургического производства и защита металлов от коррозии», «Теория электрометаллургических процессов»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Семестр № 7	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины	144	72	72
Аудиторные занятия, в том числе:	88	48	40
лекции	36	16	20
лабораторные работы	26	16	10
практические/семинарские занятия	26	16	10
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	56	24	32
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет, Зачет с оценкой, Курсовой проект	Зачет	Зачет с оценкой, Курсовой проект

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 7

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Сырьевые материалы для производства анодных блоков	1, 2, 3, 4	9	1, 2, 3, 4	16	1	2	1, 2, 3, 4, 5	24	Доклад
2	Технологическая схема производства анодных блоков	6, 7, 8	7							Отчет по лабораторной работе
3	Оборудование для производства анодных блоков					2, 4, 5, 6, 7	14			
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		16		16		16		24	

Семестр № 8

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Применение обожженных анодов в электролизе криолит-глиноземных расплавов	1, 2, 3	6			1, 2	4	4	5	Доклад
2	Назначение и структура анодно-монтажного отделения	4, 5, 6	6							Отчет по лабораторной работе
3	Технологические параметры работы, нарушения и обслуживание обожженных анодов при производстве алюминия	7, 8	4	1	10	3, 4, 5	6	1, 2, 3, 5	27	
4	Энергоресурсосберегающие технологии в применении анодов алюминиевого производства	9, 10	4							
	Промежуточная аттестация									Зачет с оценкой, Курсовой

										проект
	Всего		20		10		10		32	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Сырьевые материалы для производства анодных блоков	<p>Сырьем для производства анодной массы и обожженных анодов служат электродные каменноугольные пеки и электродные коксы (нефтяные или пековые). Эти виды сырья обладают следующими достоинствами:</p> <ul style="list-style-type: none"> - низкой зольностью, что особенно важно при электролитическом получении алюминия; - высокой электропроводностью; - высокими термостойкими свойствами для работы при температурах до 1000°С в химически агрессивной среде; - комбинация твердого кокса (наполнителя) и жидкого пека (связующего) позволяет получить композиционную структуру с необходимыми физико-механическими свойствами. <p>Правильный подбор исходных материалов является наиболее сложной задачей подготовки производства.</p> <p>На большинстве отечественных предприятий прокаливание коксов осуществляется непосредственно в цехах анодной массы и является частью общей технологической схемы производства. В случае использования привозных прокаленных коксов значительно снижаются транспортные расходы, так как с сырыми коксами перевозится до 30% балластного груза (влага, летучие). Привозной прокаленный кокс должен подвергаться сушке, если влажность превышает предельно допустимую норму.</p> <p>Связующее поступает на предприятие в жидком или гранулированном виде. При транспортировке пека в твердом виде в летнее время или при погрузке в вагоны недостаточно охлажденного пека происходит его частичное или полное замоноличивание. Особенно часто эти проблемы возникают при перевозке относительно легкоплавких пеков. В ходе термостатирования на складах пек претерпевает заметное влияние температурного воздействия и кислорода воздуха в реакциях окисления.</p>
2	Технологическая схема производства анодных	Аноды алюминиевых электролизеров как самообжигающиеся, так и обожженные играют

	блоков	<p>важнейшую роль в технологии электролитического получения алюминия. Качество анодов зависит от целого ряда условий, начиная от свойств исходного сырья, условий производства масс и анодов, заканчивая состоянием технологии на самих электролизерах. Принципы производства обожженных анодов не меняются долгое время, при этом аппаратное управление технологическим процессом и оборудование непрерывно совершенствуется.</p>
3	Оборудование для производства анодных блоков	<p>Исходным сырьем для подготовки шихты для электролизеров с обожженными анодами является прокаленный кокс, огарки анодов, брак обжига, уловленная пыль аспирации, брак «зеленых» анодов и массы. С помощью оборудования, используемого при производстве обожженных анодов они должны быть рационально измельчены, классифицированы по крупности и зашихтованы согласно принятой рецептуре. К аноду алюминиевого электролизера предъявляют следующие требования: - способность выдерживать механические нагрузки при высоких температурах и обеспечивать высокую электрическую проводимость; - способность противостоять неблагоприятным воздействиям химического характера. Эти условия можно обеспечить, если построить структуру электрода по принципу композиционного материала, т.е. каркаса из коксового зерна (наполнителя) и связующего «матрицы» из каменноугольного пека. Коксовые фракции и каменноугольный пек поступают в смесильные машины, где происходит получение анодной массы. Целью смешения коксопечевой композиции является максимальное усреднение пека и всех классов кокса-наполнителя, а также смачивание и пропитка кокса пеком. «Зеленая» анодная масса, полученная в смесителях периодического или непрерывного действия, поступает на участок формования анодных блоков. Основным оборудованием для производства «зеленых» анодных блоков служат вибромашины или виброуплотнители. Обжиг «зеленых» анодных блоков является завершающей стадией производства угольных анодов для алюминиевых электролизеров. Обжиг (спекание) является процессом при котором коксопечевая масса превращается в монолитный электрод. Для обжига анодов применяют многокамерные кольцевые печи открытого и закрытого типов</p>

(сводовые печи).

Семестр № 8

№	Тема	Краткое содержание
1	Применение обожженных анодов в электролизе криолит-глиноземных расплавов	<p>Для производства алюминия электролизом глинозема в криолит-глиноземном расплаве применяются агрегаты, называемые электролизерами, или электролизными ваннами. По мере развития алюминиевой промышленности и повышения силы тока, совершенствования технологического процесса, применения новых материалов и т.д., конструкция электролизеров претерпела существенные изменения, но принципиальное их устройство, не изменилось. Алюминиевый электролизер любой конструкции и мощности состоит из катодного и анодного узлов, ошиновки, устройства для сбора отходящих газов и опорных металлоконструкций. В настоящее время технология электролиза на большинстве алюминиевых заводов ведется на электролизерах с обожженными анодами (ОА) при силе тока от 200 до 550 кА. Если сравнить достоинства и недостатки электролизеров с самообжигающимся анодом (СА), то электролизеры с ОА имеют следующие преимущества перед электролизерами с СА:</p> <ul style="list-style-type: none">- падение напряжения в аноде меньше на 200 мВ;- меньшие габариты и стоимость электролизеров, более облегченные и дешевые строительные конструкции;- более высокая анодная плотность тока и съем металла с единицы площади анода и катода;- расход анода составляет 430-475 кг/т алюминия (без огарков), против 515-560 кг/т алюминия на электролизерах с СА;- более высокий выход по току и меньший расход электро-энергии;- меньший объем отходящих газов и отсутствие в них смолистых соединений;- более высокое качество металла. <p>К недостаткам электролизеров с ОА следует отнести:</p> <ul style="list-style-type: none">- значительно более высокая стоимость обожженных анодов, чем анодной массы;- сложность переработки анодных огарков;- необходимость значительных капиталовложений в производство ОА.
2	Назначение и структура анодно-монтажного отделения	<p>АМО состоит из 5 участков:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Отделение переработки электролита (ОПЭ) перерабатывает криолитосодержащее сырьё, отгружает укрывной материал заданной

		<p>пропорции и гранулометрического состава для укрытия смонтированных анодов, в специальную технику (автомобильный цементовоз) через узлы загрузки.</p> <p>2. Отделение дробления огарков (ОДО) перерабатывает очищенные от примесей железа и остатков электролита огарки, складировует при помощи ленточных конвейеров и элеватора в силос хранения огарков, с последующей отгрузкой потребителю дроблённых огарков в полувагоны через загрузочное устройство.</p> <p>3. Склад «зелёных» и обожжённых анодов предназначен для хранения обожжённых анодных блоков. В своём распоряжении имеет 2 крана штабелера и 2 крана мостовых для перемещения анодных блоков, а также 3 роликовых конвейера. Роликовый конвейер №3 – непосредственная подача анодных блоков на монтажный стол, №2 – служит для формирования пакетов из анодных блоков, перемещаемыми первым краном-штабелером в место складирования, №1 - служит для формирования пакетов из анодных блоков, перемещаемыми вторым краном-штабелером в место складирования. Мостовые краны позволяют разместить распакованные анодные блоки роликовые конвейера на №2 и №1 для формирования пакетов из АБ.</p> <p>4. АМО служит для монтажа смонтированных анодов с транспортировкой в серию электролиза и демонтажа анодных огарков, поступающих из СЭ. Демонтаж анодного огарка занимает 4 стадии, а именно снятие электролитной корки (цеповая доочистка, дробеструйная обработка), разрушение огарка, снятие чугунной заливки, ремонта АД и линии подготовки анододержателя, относящиеся к процессу монтажа анода.</p> <p>5. Склад готовой продукции служит для хранения смонтированных анодов и анодных огарков в палеттах, оборотного электролита и криолитосодержащего сырья.</p>
3	<p>Технологические параметры работы, нарушения и обслуживание обожжённых анодов при производстве алюминия</p>	<p>Обслуживание обожжённых анодов на электролизерах сводится к выполнению следующих операций:</p> <ul style="list-style-type: none"> • извлечение огарков; • установка новых анодов; <p>Замену анодов осуществляют по схеме, предусматривающей равномерную смену анодов по площади анодного массива. При этом избегают последовательной замены двух соседних анодов; коротких интервалов между заменами угловых анодов; при замене анодов вблизи пробойников</p>

		<p>проводят ее тогда, когда противоположный анод обгорел не более чем наполовину и пр. Порядок замены анодов регламентируется для каждого типа ванн индивидуально.</p> <p>Извлечение огарка выполняют тогда, когда высота анода под ниппелем не превышает 20 мм, но огарки, имеющие трещины, через которые возможен прямой контакт ниппеля с электролитом, извлекают досрочно. Эта операция протекает в следующем порядке: от огарков отгребают глинозем и пробивают корку вдоль борта в зоне заменяемого анода; штангу огарка закрепляют к крюку крана и освобождают зажимное устройство, крепящее штангу к анодной раме; огарок поднимают на высоту 10-20 см и частично очищают от сырья. Огарок отводят из пределов ванны и очищают от сырья в специальную емкость.</p> <p>Установка нового анода. Перед установкой анода зачищают место контакта на штанге и анодной шине и готовят место для установки нового анода - очищают электролит от сколов и кусков анода, извлекают куски корки и угольную пену, подтягивают осадок, оплескивают боковые поверхности рядом стоящих анодов; очищают фланцевый лист.</p> <p>Перед установкой анода его прогревают над электролитом в течение 5-10 мин, а затем размещают в заранее подготовленное место, совместив по высоте подошву нового анода с рядом стоящими анодами с помощью специального крючка, и закрепляют штангу к анодной шине, затянув для этого контактный узел. Продолжительность замены анода не должна превышать 15-20 мин.</p> <p>Не позднее чем через час новый анод должен быть засыпан глиноземом и сырьем, оставшимся после очистки гнезда и анодного огарка. Регулируют распределение тока по аноду на следующий день после его установки.</p>
4	<p>Энергоресурсосберегающие технологии в применении анодов алюминиевого производства</p>	<p>Использование инертного анода в процессе электролиза признано революционным экологическим решением в металлургии. ОК "РУСАЛ" является мировым лидером в создании и развитии данной технологии. Использование инертного анода предусматривает замену классических углеродных анодов на инертные, нерасходуемые материалы – керамику или сплавы. Таким образом, в ходе электролиза не только полностью исключаются выбросы парниковых газов (СО и СО₂), но и значительно снижается</p>

		<p>себестоимость производства за счет экономии анодов.</p> <p>Существенное снижение количества замены анодов, дает возможность сделать процесс максимально автономным и роботизированным.</p> <p>Еще одним положительным результатом данной технологии является выделение кислорода в процессе получения алюминия: один электролизер, работающий по технологии инертного анода, может производить такой же объем кислорода, как 70 Га леса.</p> <p>В настоящее время, впервые в мире, проводятся испытания и совершенствования технологии при производстве алюминия на промышленной силе тока. Произведено более 1500 т самого «зеленого» алюминия в мире. Для испытания технологии, Компания "РУСАЛ" создала промышленное производство инертных анодов.</p>
--	--	--

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 7

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Определение выхода летучих веществ в коксопековой композиции	4
2	Определение кажущейся плотности спрессованных и обожженных образцов анодных блоков	4
3	Определение механической прочности анодных блоков	4
4	Определение удельного электрического сопротивления анодных блоков	4

Семестр № 8

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Контроль качественных характеристик обожженных анодов для производства алюминия	10

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 7

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Доклад по теме СРС с использованием презентационных материалов	2
2	Материальный и тепловой балансы	4

	прокалочных печей	
4	Дробильно-размольное оборудование	2
5	Конструкции смесильных машин	2
6	Оборудование для производства "зеленых" анодных блоков	2
7	Материальный и тепловой балансы открытой печи обжига	4

Семестр № 8

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Основные химические реакции электролиза криолит-глиноземных расплавов	2
2	Доклад по теме СРС с использованием презентационных материалов	2
3	Устройство и расчет грузоподъемного механизма мостового технологического крана	2
4	Расчет электрических параметров обожженных анодов	2
5	Расчет потребности корпуса электролиза в обожженных анодах	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	4
2	Подготовка к зачёту	4
3	Подготовка к практическим занятиям	3
4	Подготовка презентаций	5
5	Проработка разделов теоретического материала	8

Семестр № 8

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	12
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	4
3	Подготовка к практическим занятиям	3
4	Подготовка презентаций	5
5	Проработка разделов теоретического материала	8

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: тренинг, групповая дискуссия

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Цель выполнения курсового проекта: закрепить теоретические и практические знания, полученные студентами при изучении дисциплины «Производство обожженных анодов», привить навыки самостоятельной работы с учебной и справочной литературой, подготовить студентов к последующему выполнению выпускной квалификационной работы.

Задание на курсовой проект.

В теоретической части курсового проекта студент должен выполнить обзор литературы по устройству индукционной печи. В практической части необходимо провести расчет индукционной печи в соответствии с заданием. Требования к содержанию и оформлению. Курсовой проект должен быть представлен пояснительной запиской объемом не более 30 машинописных страниц согласно и оформленной в соответствии с требованиями стандарта СТО "005-2020 СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. Учебно-методическая деятельность. Оформление курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ технических направлений подготовки и специальностей". Выполненная и оформленная работа сдается на проверку преподавателю; после проверки работы производится ее защита, по результатам которой студенту выставляется оценка. Курсовой проект состоит из следующих разделов: «Введение», Теоретическая часть - «Проектирование тигельных индукционных печей»; Практическая часть – «Расчет тигельных индукционных печей», «Заключение», «Список использованных источников», Приложение «Графическая часть – чертеж индукционной печи».

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Цель

Формирование в ходе занятий компетенций, развитие знаний о сырьевых материалах, оборудовании для производства обожженных анодов, методах расчета материального и теплового балансов печей.

Задание на СРС

Изучить основную и дополнительную литературу по теме предстоящего практического занятия.

Рекомендации к выполнению задания

При подготовке к практическому (семинарскому) занятию следует в первую очередь рассмотреть вопросы по теме занятия. При подготовке к практическим занятиям необходимо проработать литературу, указанную преподавателем, в объеме изучаемой темы. Самостоятельное изучение разделов курса производится с использованием литературных источников и интернет-ресурсов.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Обучающийся знакомится с РПД, в которой указан перечень практических занятий и рекомендуемая основная и дополнительная литература.

Критерии оценки качества выполнения работы

Активная работа обучающегося на практическом занятии (представление презентации, участие в обсуждении).

5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

На примере лабораторной работы «Определение удельного электрического сопротивления»

Цель работы: ознакомление с методом определения удельного электрического сопротивления.

Приборы и принадлежности: Штангенциркуль, лабораторный блок питания, амперметр, милливольтметр, фиксирующие зажимы, электрические щупы (зонды), соединительные провода.

Теоретические основы. Анод электролизера предназначен для подвода тока в междуполусное пространство для осуществления процесса электролиза. Анодное устройство состоит из угольного анода с токоподводами к нему; подъемного механизма, служащего для перемещения анода по вертикали; ошиновки и опорной конструкции. Аноды электролизера делятся на два больших класса: предварительно обожженные анодные блоки, из которых собирается анодный массив и самообжигающиеся аноды с боковым и верхним подводом тока.

Анодное устройство электролизера состоит из двух рядов анодных блоков, ширина и длина которых на современных отечественных электролизерах достигают 700 x 1450 мм, соответственно. Высота блока обычно не превышает 600 мм. Общее количество блоков зависит от силы тока и достигает 30 шт. Расстояние между блоками в одном ряду составляет 40-60 мм, а между рядами блоков – 150-250 мм, и в промежутке между рядами блоков монтируют устройство для питания ванн глиноземом.

Параллельно с развитием конструкций электролизеров совершенствовалось и производство обожженных анодов, применение которых предпочтительнее из-за отсутствия на них выбросов смолистых веществ и меньшего расхода электроэнергии. Кроме этого, одним из основных достоинств электролизеров с ОА является возможность увеличения силы тока. Именно по этим причинам на подавляющем большинстве зарубежных алюминиевых заводов в настоящее время установлены электролизеры с ОА, а реконструкция некоторых отечественных заводов предполагает установку этого типа электролизеров.

Для монтажа анодного массива используются блоки различного качества и размеров. Наибольшее распространение в России получили обожженные блоки типов Б и В. В этих блоках имеются четыре и три паза, соответственно, для установки ниппелей, которые выполняются при формовке блока. Обожженные анодные блоки должны соответствовать требованиям ТУ 1913-001-0020092–95, основными из которых являются:

- действительная плотность – 2,05 г/см³;
- кажущаяся плотность – 1,6 г/см³;
- УЭС – 54 мкОм·м;
- предел прочности на сжатие – 31 МПа;
- зольность – 0,6%.

Методика проведения измерений.

Требования к проведению измерений регламентируются ГОСТ 23776-79 «Изделия углеродные. Методы измерения удельного электрического сопротивления».

Необходимо собрать электрическую схему.

Образец установить на штатив и обеспечить контакт с помощью зажимов. Подключить измерительные приборы. Включить блок питания в сеть и установить значение постоянного тока (I) силой 3 А через образец обожженного анода. и провести измерения падения напряжения (V) на 3-х фиксированных частях его длины. Значение напряжения при этом будет пропорционально удельному электросопротивлению.

Повторить последовательно измерения при силе тока 4А и 5А.

Для вычисления площади поперечного сечения образцов цилиндрической формы осуществляют измерение диаметра в 3-х точках, для образцов прямоугольной формы проводят три измерения по углам, расположенным по диагонали и в центре каждой пары граней, с погрешностью не более 0,05 мм.

Длину образца измеряют в двух точках, по замерам находят среднее арифметическое значение.

Площадь поперечного сечения S , мм², вычисляют по формулам.

Вопросы для контроля (на примере лабораторной работы ««Определение удельного электрического сопротивления»»):

1. Какие требования предъявляются к обожженным анодам?
2. Физико-механические показатели обожженных анодов?
3. Как рассчитывается УЭС обожженных анодов?
4. Какие факторы при производстве ОА влияют на УЭС?
5. Каким ГОСТом регламентируется процедура измерения УЭС?
6. Как влияет УЭС на эксплуатационные характеристики ОА?

5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

1. Проработка разделов теоретического материала

Цель работы

Приобрести опыт самостоятельной работы, развить базу теоретических знаний по направлению дисциплины.

Задание на СРС

Данный вид СРС предполагает самостоятельное изучение информационных источников с использованием перечня рекомендуемой литературы и информационных ресурсов.

Рекомендации по выполнению задания

Обучающийся при выполнении данного вида СРС может пользоваться как рекомендуемыми основной и дополнительной литературой и информационными ресурсами, так и подбирать и использовать новые информационные источники по направлению дисциплины.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

В течение семестра обучающийся знакомится с РПД, в которой указан перечень практических занятий и рекомендуемая основная и дополнительная литература.

Критерии оценки качества выполнения работы

Проверка уровня сформированности компетенции в виде индивидуального устного собеседования по одному из теоретических вопросов зачета.

2. Подготовка отчетов по лабораторным работам, защита отчета

Цель: ознакомление обучающихся перед проведением лабораторной работы с методикой проведения лабораторных работ, основными приборами и оборудованием, используемыми во время проведения лабораторных работ; ознакомление с соответствующими теоретическими вопросами, что способствует активному участию обучающихся в проведении лабораторных работ и успешной защите отчетов.

Задание на СРС.

За время, отведённое на подготовку и защиту лабораторных работ обучающийся должен изучить материал по теме лабораторной работы и предварительно ознакомиться с порядком её выполнения.

Требования к форме и содержанию отчетных материалов.

Отчёт по лабораторной работе должен содержать цель работы, список используемого оборудования, краткое описание хода работы, необходимые схемы процессов и оборудования, выполненные расчёты, таблицы и графики, выводы. Отчёты по лабораторным работам оформляются в соответствии с требованиями методических указаний по выполнению каждой лабораторной работы и требованиями стандарта СТО «027-2021 СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. Учебно-методическая деятельность. Общие требования к организации и проведению лабораторных работ».

На следующем занятии отчёт предоставляется преподавателю для проверки. При защите

отчёта проверяется знание теоретического материала соответствующих разделов курса и вопросов методики, связанной с выполнением работы.

Рекомендации по выполнению задания.

Правильно выполненный отчёт по лабораторной работе обучающийся должен защитить, ответив на все поставленные вопросы, указанные в методических указаниях. В случае успешной защиты преподаватель делает соответствующую отметку на титульном листе работы.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Данный вид СРС проводится в течение семестра согласно учебного плана подготовки бакалавров в объеме 16 часов в семестре №7.

Критерии оценки качества выполнения работы

Формой контроля данного вида СРС являются правильность оформления отчетов и полнота ответов на вопросы по контрольным вопросам

3. Подготовка к практическим занятиям

Цель - формирование в ходе занятий компетенций, развитие навыков металлургических расчетов применительно к электрометаллургии алюминия.

Задание на СРС

Изучить основную и дополнительную литературу по теме предстоящего практического занятия.

Рекомендации к выполнению задания

При подготовке к практическому (семинарскому) занятию следует в первую очередь рассмотреть вопросы по теме занятия. При подготовке к практическим занятиям необходимо проработать литературу, указанную преподавателем, в объеме изучаемой темы. Самостоятельное изучение разделов курса производится с использованием литературных источников и интернет-ресурсов.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Обучающийся знакомится с РПД, в которой указан перечень практических занятий и рекомендуемая основная и дополнительная литература.

Критерии оценки качества выполнения работы

Активная работа обучающегося на практическом занятии.

4. Подготовка презентаций.

Цель работы

Приобрести опыт самостоятельной творческой деятельности, продемонстрировать способность к использованию творческого потенциала, повысить общекультурный уровень.

Задание на СРС

Данный вид СРС предполагает индивидуальную подготовку устного доклада с использованием презентационного материала по предложенной тематике с использованием перечня рекомендуемой литературы и информационных ресурсов.

Рекомендации по выполнению задания

Обучающийся при выполнении данного вида СРС может пользоваться как рекомендуемыми основной и дополнительной литературой и информационными ресурсами, так и подбирать и использовать новые информационные источники по тематике доклада (публикации в научных журналах - «Цветные металлы», «Металлург», «Известия вузов. Цветная металлургия» и др.), в материалах международных и всероссийских конференций, конгрессов (например, материалы Конгресса «Цветные металлы и минералы», г. Красноярск).

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

В начале семестра выдается задание на подготовку доклада.

Критерии оценки качества выполнения данного вида СРС
Полнота раскрытия темы; перечень используемых источников и уровень компилятивности по тематике; качество оформления.

5. Подготовка к зачету.

Цель

Проверка сформированности компетенций в период изучения дисциплины.

Задание на СРС.

Обучающийся получает перечень вопросов к зачету по тематике дисциплины с учетом проверки сформированности компетенций.

Требования к форме и содержанию отчетных материалов

Зачет проводится в формате устного собеседования по вопросам, вынесенным на зачет.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Подготовка к зачету осуществляется на зачетной неделе.

Критерии оценки качества выполнения работы

Зачет по дисциплине правильность ответа на вопросы.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 7 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Перед проведением лабораторных работ все обучающиеся обязаны ознакомиться с правилами охраны труда и строго их выполнять. К выполнению лабораторных работ допускаются обучающиеся, прослушавшие инструктаж по технике безопасности и сделав соответствующую запись в журнале по ТБ в аудитории, предназначенной для проведения лабораторных работ по данной дисциплине.

1. При подготовке к лабораторной работе обучающийся обязан ознакомиться с её содержанием, повторить или изучить теоретический материал, относящийся к работе, используя рекомендуемую литературу, понять цель и задачи работы.

2. К началу занятий должна быть подготовлен шаблон отчета по лабораторной работе, в который необходимо необходимые расчётные формулы, подготовить таблицы для наблюдений.

3. Отчет оформляется для каждой лабораторной работы. Отчёт должен содержать название работы, изложение цели и задач работы, краткое теоретическое введение, схему установки и краткое описание методики проведения работы, таблицу с опытными и расчётными данными; графики (там, где это требуется), справочные данные, выводы по работе. Отчёты по лабораторным работам оформляются в соответствии с требованиями методических указаний по выполнению лабораторных работ и требованиями СТО «027-2021 СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. Учебно-методическая деятельность. Общие требования к организации и проведению лабораторных работ».

4. При защите отчёта проверяется знание теоретического материала соответствующих разделов курса и вопросов методики, связанной с выполнением работы.

Критерии оценивания.

Правильность оформления отчетов и полнота ответов на вопросы по контрольным вопросам.

6.1.2 семестр 7 | Доклад

Описание процедуры.

Данный вид самостоятельной работы предполагает индивидуальное самостоятельное подготовку доклада по предложенной тематике, с использованием перечня рекомендуемой литературы, информационных ресурсов. После самостоятельного изучения рекомендуемой литературы на последней неделе семестра обучающийся должен

представить доклад с использованием презентационного материала

Примерная тематика докладов (презентаций):

1. Сырьевые материалы для производства анодной массы.
2. Поставщики каменноугольного пека и электродного кокса
3. Контроль качества анодной массы
4. Технологическая схема производства "зеленых" анодных блоков
5. Газоочистное оборудование для обжига "зеленых" анодных блоков
6. Производство анодных блоков в России и за рубежом

Критерии оценивания.

Полнота раскрытия темы; перечень используемых источников и уровень компилятивности по тематике; качество оформления.

Активная работа обучающегося на занятиях (участие в обсуждении). Ответы на вопросы при обсуждении доклада.

6.1.3 семестр 8 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Перед проведением лабораторных работ все обучающиеся обязаны ознакомиться с правилами охраны труда и строго их выполнять. К выполнению лабораторных работ допускаются обучающиеся, прослушавшие инструктаж по технике безопасности и сделав соответствующую запись в журнале по ТБ в аудитории, предназначенной для проведения лабораторных работ по данной дисциплине.

1. При подготовке к лабораторной работе обучающийся обязан ознакомиться с её содержанием, повторить или изучить теоретический материал, относящийся к работе, используя рекомендуемую литературу, понять цель и задачи работы.
2. К началу занятий должна быть подготовлен шаблон отчета по лабораторной работе, в который необходимо необходимые расчётные формулы, подготовить таблицы для наблюдений.
3. Отчет оформляется для каждой лабораторной работы. Отчёт должен содержать название работы, изложение цели и задач работы, краткое теоретическое введение, схему установки и краткое описание методики проведения работы, таблицу с опытными и расчётными данными; графики (там, где это требуется), справочные данные, выводы по работе. Отчёты по лабораторным работам оформляются в соответствии с требованиями методических указаний по выполнению лабораторных работ и требованиями СТО «027-2021 СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. Учебно-методическая деятельность. Общие требования к организации и проведению лабораторных работ».
4. При защите отчёта проверяется знание теоретического материала соответствующих разделов курса и вопросов методики, связанной с выполнением работы.

Критерии оценивания.

Правильность оформления отчетов и полнота ответов на вопросы по контрольным вопросам.

6.1.4 семестр 8 | Доклад

Описание процедуры.

Данный вид самостоятельной работы предполагает индивидуальное самостоятельное подготовку доклада по предложенной тематике, с использованием перечня рекомендуемой литературы, информационных ресурсов. После самостоятельного изучения рекомендуемой литературы на последней неделе семестра обучающийся должен представить доклад с использованием презентационного материала.

Примерная тематика докладов (презентаций):

1. Устройство и оборудование анодной фабрики.
2. Конструкции обожженных анодов
3. Схема перестановки обожженных анодов
4. Роль анодно-монтажного отделения
5. Нарушения в работе обожженных анодов и способы их устранения
6. Применение "целевых" обожженных анодов

Критерии оценивания.

Полнота раскрытия темы; перечень используемых источников и уровень компилятивности по тематике; качество оформления.

Активная работа обучающегося на занятиях (участие в обсуждении). Ответы на вопросы при обсуждении доклада.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-4.7	Демонстрирует способность осуществлять технологические процессы производства обожженных анодов	устное собеседование на экзамене по вопросам
ПКС-4.8	Демонстрирует способность корректировать технологические процессы производства обожженных анодов	устное собеседование на вопросах к экзамену
ПКС-7.1		

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачет по дисциплине проходит в виде индивидуального устного собеседования по одному из теоретических вопросов, вынесенных на зачет.

Пример задания:

1. Сырьевые материалы для производства анодов
2. Где расположено производство исходного сырья
2. Опишите аппаратурно-технологическую схему подготовки электродных коксов
3. Свойства коксов, влияющие на качество анодной массы
4. Отличие нефтяных и пековых коксов
5. Опишите аппаратурно-технологическая схема подготовки пека
6. Для чего выполняется термопрепарирование пека?
7. От чего зависит качество шихты анодной массы
8. Какие виды дробильно-размольного оборудования используются
9. Как формируется структура анода при обжиге
10. В чем отличие печей обжига открытого и закрытого типа
11. Назовите перечень производственных показателей при производстве анодных блоков
12. Основное оборудование производства «зеленых» анодных блоков.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Демонстрирует способность осуществлять технологические процессы производства обожженных анодов	Не демонстрирует способность осуществлять технологические процессы производства обожженных анодов

6.2.2.2 Семестр 8, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Последовательность выполнения работы.

Задание на выполнение курсового проекта выдается студенту в середине семестра.

Представление и защита выполненного курсового проекта осуществляется в течение зачетной недели.

1. Перед выполнением курсовой проекта студенту необходимо подробно ознакомиться с тематикой проекта и обобщить теоретические сведения.

2. Выполнить практическую часть курсового проекта.

3. Выполнить графическую часть - чертеж индукционной печи.

4. Сделать выводы по результатам выполнения курсового проекта.

Практическая часть курсового проекта.

В практической части необходимо провести расчет индукционной печи (по вариантам).

Пример вопросов к защите курсового проекта:

1. Опишите устройство индукционной печи?

2. Принцип действия индуктора?

3. Назовите режимы работы индукционной печи?

4. Назовите основные параметры индукционной печи?

5. От чего зависит производительность индукционной печи?

6. Какие возможны технологические нарушения работы индукционной печи?

7. Какие материалы используются в индукционных печах?

8. Какой состав чугуна для заливки анодных ниппелей?

Пример задания:

Варианты расчета индукционной печи:

Вариант 1. Рассчитать индукционную тигельную печь для плавки стали производительностью 3 т в сутки. Длительность плавки составляет 1 ч 05 мин; длительность разливки и загрузки – 5 мин. Напряжение питающей сети составляет по низкой части 380 В, по высокой – 6000 В. Мощность подстанции: на низкой стороне 2000 кВ·А; на высокой стороне 25 000 кВ·А. Частота питающей сети равна 50 Гц. Шихта состоит из чугунного лома размером 10–15 см.

Вариант 2. Рассчитать индукционную тигельную печь для плавки стали производительностью 7 т в сутки. Длительность плавки составляет 1 ч 10 мин; длительность разливки и загрузки – 10 мин. Напряжение питающей сети составляет по низкой части 380 В, по высокой – 6000 В. Мощность подстанции: на низкой стороне 2000 кВ·А; на высокой стороне 25 000 кВ·А. Частота питающей сети равна 50 Гц. Шихта состоит из чугунного лома размером 5–10 см.

Вариант 3. Рассчитать индукционную тигельную печь для плавки стали производительностью 5 т в сутки. Длительность плавки составляет 1 ч 15 мин, или 1,17 ч; длительность разливки и загрузки – 15 мин. Напряжение питающей сети составляет по низкой части 380 В, по высокой – 6000 В. Мощность подстанции: на низкой стороне 2000 кВ·А; на высокой стороне 25 000 кВ·А. Частота питающей сети равна 50 Гц. Шихта состоит из чугунного лома размером 3–5 см.

Вариант 4. Рассчитать индукционную тигельную печь для плавки стали производительностью 5 т в сутки. Длительность плавки составляет 1 ч 20 мин; длительность разливки и загрузки – 20 мин. Напряжение питающей сети составляет по низкой части 380 В, по высокой – 6000 В. Мощность подстанции: на низкой стороне 2000 кВ·А; на высокой стороне 25 000 кВ·А. Частота питающей сети равна 50 Гц. Шихта состоит из чугунного лома размером 10–20 см.

Вариант 5. Рассчитать индукционную тигельную печь для плавки стали производительностью 3 т в сутки. Длительность плавки составляет 1 ч 25 мин; длительность разливки и загрузки – 25 мин. Напряжение питающей сети составляет по низкой части 380 В, по высокой – 6000 В. Мощность подстанции: на низкой стороне 2000 кВ·А; на высокой стороне 25 000 кВ·А. Частота питающей сети равна 50 Гц. Шихта состоит из чугунного лома размером 15–25 см.

Вариант 6. Рассчитать индукционную тигельную печь для плавки стали производительностью 3 т в сутки. Длительность плавки составляет 1 ч 05 мин; длительность разливки и загрузки – 5 мин. Напряжение питающей сети составляет по низкой части 380 В, по высокой – 6000 В. Мощность подстанции: на низкой стороне 2000 кВ·А; на высокой стороне 25 000 кВ·А. Частота питающей сети равна 50 Гц. Шихта состоит из стального лома размером 10–15 см.

Вариант 7. Рассчитать индукционную тигельную печь для плавки стали производительностью 7 т в сутки. Длительность плавки составляет 1 ч 10 мин; длительность разливки и загрузки – 10 мин. Напряжение питающей сети составляет по низкой части 380 В, по высокой – 6000 В. Мощность подстанции: на низкой стороне 2000 кВ·А; на высокой стороне 25 000 кВ·А. Частота питающей сети равна 50 Гц. Шихта состоит из стального лома размером 5–10 см.

Вариант 8. Рассчитать индукционную тигельную печь для плавки стали производительностью 5 т в сутки. Длительность плавки составляет 1 ч 15 мин, или 1,17 ч; длительность разливки и загрузки – 15 мин. Напряжение питающей сети составляет по низкой части 380 В, по высокой – 6000 В. Мощность подстанции: на низкой стороне 2000

кВ·А; на высокой стороне 25 000 кВ·А. Частота питающей сети равна 50 Гц. Шихта состоит из чугунного лома размером 3–5 см.

Вариант 9. Рассчитать индукционную тигельную печь для плавки стали производительностью 5 т в сутки. Длительность плавки составляет 1 ч 20 мин; длительность разливки и загрузки – 20 мин. Напряжение питающей сети составляет по низкой части 380 В, по высокой – 6000 В. Мощность подстанции: на низкой стороне 2000 кВ·А; на высокой стороне 25 000 кВ·А. Частота питающей сети равна 50 Гц. Шихта состоит из стального лома размером 10–20 см.

Вариант 10. Рассчитать индукционную тигельную печь для плавки стали производительностью 3 т в сутки. Длительность плавки составляет 1 ч 25 мин; длительность разливки и загрузки – 25 мин. Напряжение питающей сети составляет по низкой части 380 В, по высокой – 6000 В. Мощность подстанции: на низкой стороне 2000 кВ·А; на высокой стороне 25 000 кВ·А. Частота питающей сети равна 50 Гц. Шихта состоит из стального лома размером 15–25 см.

6.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Глубоко и прочно усвоил принципы расчетов параметров основного и/или вспомогательного оборудования при производстве обожженных анодов	Недостаточно глубоко и прочно усвоил принципы расчетов параметров основного и/или вспомогательного оборудования при производстве обожженных анодов	Неглубоко и недостаточно прочно усвоил принципы расчетов параметров основного и/или вспомогательного оборудования при производстве обожженных анодов	Не усвоил принципы расчетов параметров основного и/или вспомогательного оборудования при производстве обожженных анодов

6.2.2.3 Семестр 8, Типовые оценочные средства для проведения дифференцированного зачета по дисциплине

6.2.2.3.1 Описание процедуры

Зачет по дисциплине проходит в виде индивидуального устного собеседования по одному из теоретических вопросов, вынесенных на зачет.

Пример задания:

1. Технологические нарушения в работе обожженных анодов
2. Корректировка технологических параметров обожженных анодов
3. Назначение и оборудование анодно-монтажного отделения
4. Виды дефектов и устранение брака при монтаже обожженных анодов
5. Качественные характеристики обожженных анодов, их марки
6. Влияние размеров обожженного анода на анодную плотность тока
7. Схема расстановки обожженных анодов
8. Перечень операций по обслуживанию обожженных анодов

9. Влияние замены анодов на токораспределение в электролизере
10. Основные химические реакции электролиза криолит-глиноземных расплавов
11. Индукционные печи, принцип действия и назначение
12. В чем отличие инертных анодов от обожженных_

6.2.2.3.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительн о	Неудовлетворительно
<p>Демонстрирует способность корректировать технологические процессы производства обожженных анодов.</p> <p>Демонстрирует знания основных причин нарушения технологии, влияющих на эффективность работы предприятия.</p>	<p>Не в полной мере демонстрирует способность корректировать технологические процессы производства обожженных анодов.</p> <p>Демонстрирует знания основных причин нарушения технологии, влияющих на эффективность работы предприятия.</p>	<p>Слабо демонстрирует способность корректировать технологические процессы производства обожженных анодов.</p> <p>Демонстрирует знания основных причин нарушения технологии, влияющих на эффективность работы предприятия.</p>	<p>Не демонстрирует способность корректировать технологические процессы производства обожженных анодов.</p> <p>Демонстрирует знания основных причин нарушения технологии, влияющих на эффективность работы предприятия.</p>

7 Основная учебная литература

1. Электрометаллургия алюминия : учебное пособие для вузов по специальности "Металлургия цветных металлов" / И. С. Гринберг [и др.], 2009. - 403.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Производство алюминия в электролизерах с обожженными анодами / Б. С. Громов [и др.], 2002. - 220.
2. Янко Э. А. Аноды алюминиевых электролизеров / Э. А. Янко, 2001. - 670.
3. Каменских Л. М. Современное оборудование, применяемое для производства обожженных анодов за рубежом : обзор / Л. М. Каменских, 1973. - 49.
4. Колодин Э. А. Производство обожженных анодов алюминиевых электролизеров / Э. А. Колодин, В. А. Сврдлин, Р. В. Свобода, 1980. - 84.
5. Янко Э. А. Производство алюминия : пособие для мастеров и рабочих цехов электролиза алюминиевых заводов / Э. А. Янко, 2007. - 303.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Windows Seven Professional (Microsoft Windows Seven Starter) - Seven, Vista, XP_prof_64, XP_prof_32 - поставка 2010
2. Microsoft Office Professional Plus 2013

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Экран Projecta SlimScreen настенный
2. Проектор EPSON EB
3. Проектор "Epson EB-S18"
4. Печь камерная лабораторная ПВК-1,4-8
5. Печь муфельная ЭКПС 10л 1150С
6. Ручной гидравлический пресс типа ПРГ 1-50
7. Шкаф сушильный ED
8. Весы лабораторные "Веста ВМ 153"