

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Костромской государственный университет»
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ
ПРИЭЛЕКТРОДНОЙ ПАРОГАЗОВОЙ ОБОЛОЧКИ**

Направление подготовки 03.04.02–Физика
Направленность «Физика конденсированного состояния вещества»
Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Кострома

Рабочая программа дисциплины «Электрическая проводимость приэлектродной парогазовой оболочки» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования направления подготовки 03.04.02–Физика, утвержден 7 августа 2020 г., приказ № 914.

Разработал: Жиров Александр Владимирович, доцент кафедры общей и теоретической физики, к.т.н.

Рецензент: Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

УТВЕРЖДЕНО:

Заведующий кафедрой общей и теоретической физики
Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и
теоретической физики, к.т.н., доцент

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: формирование у магистрантов углубленных профессиональных знаний о механизмах переноса заряда через парогазовую оболочку при электролитно-плазменном нагреве в водных растворах электролитов, применяемого для электрохимической модификации металлов и сплавов

Задачи дисциплины:

- обратить внимание магистрантов на сложный характер прохождения тока через многофазные электрохимические системы;
- подготовить магистрантов к применению полученных знаний при осуществлении конкретного исследования явления или его применений.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

освоить компетенцию:

способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности (ОПК-1)

Код и содержание индикаторов компетенции:

ОПК-1.1. Использует знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе

знать:

- особенности переноса электрического заряда в трехфазной системе анод–парогазовая оболочка–электролит при различных режимах электролитно-плазменной обработки;
- роль температуры и скорости течения электролита на вольт-амперные характеристики нагрева анода при электролитно-плазменной обработке;
- правила подготовки статей для ведущих рецензируемых журналов;
- правила оформления отчетов и подготовки электронных презентаций;
- практические возможности измерительной техники и ее возможную погрешность;

уметь:

- выполнять расчеты распределения потенциала и температуры в парогазовой оболочке;
- анализировать полученную в экспериментах информацию с ранжированием результатов на главные и второстепенные;
- формулировать выводы с акцентом на получение нового знания;
- проводить экспериментальные измерения силы тока в системе анод – пго – электролит, напряжения на электрохимической ячейке, температуры анода, температуры и скорости течения электролита;

владеть:

- методами записи вольтамперных и вольт-температурных характеристик процесса анодного электролитного нагрева
- методами расчета энергетического баланса в трехфазной системе анод–парогазовая оболочка–электролит;
- современными методами оформления научной информации, включая графики, таблицы и диаграммы с применением требуемых редакторов;

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Данная дисциплина изучается в первом семестре и входит в обязательную часть учебного плана подготовки. «Электрическая проводимость приэлектродной парогазовой оболочки» касается центрального аспекта физико-химического механизма явления электролитно-плазменной модификации металлов и сплавов. В этом курсе магистранты знакомятся со спецификой условий в нетривиальной электрохимической системе, фазовыми превращениями в системе, возможными типами электрических разрядов, состоянием поверхности кипящего электролита. Полученные сведения будут использованы при изучении особенностей диффузионного насыщения в условиях электролитно-плазменной обработки и ее технологических возможностей.

Перед изучением дисциплины «Электрическая проводимость приэлектродной парогазовой оболочки» обучающийся должен иметь представления о законах прохождения электрического тока через электролиты и газы, физике кипения, химических и электрохимических реакциях. Требуемые компетенции формируются в рамках образовательных программ бакалавриата (направление подготовки 03.03.02 Физика, 04.03.01 Химия или родственные естественнонаучные направления подготовки).

Знания и навыки, полученные магистрантами при изучении данного курса, необходимы для успешного выполнения научно-исследовательской работы и прохождения преддипломной практики, а также при подготовке и написании выпускной квалификационной работы.

Формирование компетенции, закладываемой при изучении данной дисциплины, будет продолжено в рамках дисциплины «Структура материалов».

4. Объем дисциплины (модуля)

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	5
Общая трудоемкость в часах	180
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	58
Лекции	24
Практические занятия	34
Лабораторные занятия	–
Самостоятельная работа в часах	122
Форма промежуточной аттестации	зачет (4 семестр)

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	24
Практические занятия	34
Лабораторные занятия	–
Консультации	2
Зачет/зачеты	–
Курсовые работы	0,35
Курсовые проекты	–
Всего	60,35

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

**5.1 Тематический план учебной дисциплины
(очная форма обучения)**

№	Название раздела, темы	Всего з.е/час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекц.	Практ.	Лаб.	
1	Условия образования плазмы в электрохимической системе	26	6	8		22
2	Эмиссионный механизм прохождения тока через анодную оболочку	30	6	10		24
3	Закономерности диффузионного насыщения в условиях анодного нагрева	26	6	8		20
4	Химические и электрохимические реакции в парогазовой оболочке	28	6	8		20
	Экзамен	36				36
	Итого:	180	24	34		122

5.2. Содержание дисциплины:

Тема 1. Условия образования плазмы в электрохимической системе

Режимы прохождения тока через водные электролиты. Критические напряжения перехода от режима электролиза к прерываниям тока. Роль электролизного выделения газа. Напряжения перехода от режима прерываний к стационарному нагреву. Условия появления тлеющего разряда в катодной парогазовой оболочке. Возможность перехода тлеющего разряда в дуговой. Закономерности прохождения тока через четырехфазную электрохимическую систему электролит – парогазовая оболочка – оксид – металлический электрод.

Тема 2. Эмиссионный механизм прохождения тока через анодную оболочку

Моделирование анодного нагрева пленочным кипением. Вольтамперные характеристики парогазовой оболочки постоянной толщины. Расчет порогового напряжения в оболочке, обеспечивающего эмиссию анионов из кипящего электролита. Вольт-амперные и вольт-температурные характеристики катодного и анодного нагрева.

Тема 3. Закономерности диффузионного насыщения в условиях анодного нагрева

Достоинства и ограничения электролитно-плазменного насыщения металлов и сплавов. Специфика формирования диффузионных слоев при анодной и катодной обработке. Изменение содержания ионов аммония и хлора в процессе эксплуатации электролитов для цементации на основе хлорида аммония. Изменение концентраций ионов аммония, аммиака и нитрат-ионов при эксплуатации электролитов для азотирования. Выработка электролитов, содержащих ацетон, глицерин, сахарозу,

этиленгликоль. Эксплуатационные свойства электролитов для цементации и методы корректировки их состава.

Тема 4. Химические и электрохимические реакции в парогазовой оболочке

Процессы кипения, термического разложения и электрохимические реакции, определяющие состав парогазовой оболочки. Закономерности анодного растворения технического титана, меди, хрома и ряда стальных сплавов в электролитах на основе солей аммония. Роль анионов электролита в анодных реакциях. Влияние температуры нагрева и состава электролита на скорость анодного растворения. Влияние температуры нагрева и состава электролита на толщину оксидного слоя.

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Оценка знаний, умений, навыков, характеризующая этапы формирования компетенций по дисциплине «Электрическая проводимость приэлектродной парогазовой оболочки» осуществляется в ходе текущего контроля, предусматривающего опрос магистрантов, доклад на семинаре и тестирование.

Опрос проводится на семинарах по следующим фрагментам дисциплины:

- физические и химические явления при электролитно-плазменной обработке;
- численные характеристики параметров обработки и получаемых результатов;
- новизна научной информации, полученной аспирантами в ходе исследований.

Учащимся предлагаются вопросы, охватывающие изучаемые разделы дисциплины. В процессе обсуждения разбираются ошибки и неточности ответов. При обсуждении законов природы уточняются рамки применимости этих законов, то есть ограничения условий их истинности. Качество ответа оценивается по трехбалльной системе: за верный в главном ответ ставится «плюс», за принципиально неверный или отсутствие ответа ставится «минус», за частично верный ответ — «плюс-минус».

Доклады готовятся по материалам самостоятельно выполненных исследований с обязательной электронной презентацией и распечатанными черновиками готовящихся научных публикаций. Регламент доклада 10–15 минут, обсуждение – до 10 минут. Доклад засчитывается, если автор сумел ответить на все вопросы и замечания.

Тестирование осуществляется по всем разделам курса. Магистрантам предлагаются 23 задания с множественными, единичными или расчетными ответами. Продолжительность испытаний – 1 академический час. Тестирование назначается после окончания лекционного курса. Уровень выполнения теста оценивается числом правильных ответов. По каждому заданию за верный вариант ответа ставится плюс, за неверный – минус с последующим суммированием по известным правилам. Кроме того, при проверке нескольких ответов на один и тот же вопрос неверный ответ уничтожит верный.

Тест считается успешно выполненным, если обучаемый набирает две трети от максимально возможного числа правильных ответов.

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Условия образования плазмы в электрохимической системе	Изучение литературы	22	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1, 2] из списка основной литературы	Опрос

2	Эмиссионный механизм прохождения тока через анодную оболочку	Изучение литературы, подготовка доклада	24	Для подготовки к решению индивидуальных заданий рекомендуется пользоваться учебником [1, 2] из списка основной литературы	Опрос
3	Закономерность и диффузионного насыщения в условиях анодного нагрева	Изучение литературы	20	Для подготовки к решению индивидуальных заданий рекомендуется пользоваться учебником [1, 2] из списка основной литературы и [4] из списка дополнительной литературы	Доклады
4	Химические и электрохимические реакции в парогазовой оболочке	Изучение литературы, решение задач	20	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1, 2] из списка основной литературы и [1, 6] из списка дополнительной литературы	Тест

6.2. Тематика и задания для практических занятий

Семинар 1-4. Условия образования плазмы в электрохимической системе

На этом занятии обсуждаются режимы прохождения тока через электролизеры при достаточно больших напряжениях. Аспиранты отвечают на вопросы, дают комментарии к альтернативным точкам зрения на спорные вопросы. Главное внимание нужно уделить явления локального кипения электролита, электролизному выделению газа и причинно-следственной связи этих явлений с появлением электрических разрядов в парогазовой фазе.

Семинары 5–9. Эмиссионный механизм прохождения тока через анодную оболочку

На этих занятиях рассматриваются возможные механизмы проводимости парогазовой среды, то есть микрокапельный перенос, электроразрядный и эмиссионный. Аспиранты должны знать необходимые условия для реализации каждого механизма и наличие или отсутствие этих условий в рассматриваемой системе. Наиболее подробно обсуждается эмиссия анионов из кипящего электролита и их перенос на поверхность образца-анода. Следует также уделить внимание особенностям данного механизма: дискретному переносу заряда, ограничению на температуру нагрева обрабатываемой детали, влиянию электрохимических реакций на состояние поверхности детали и др.

Семинары 10–13. Закономерности диффузионного насыщения при анодном нагреве

Первый семинар начинается с повторения курса «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов». Аспиранты должны вспомнить основные положения химико-термической обработки в различных средах. К ним относятся диаграммы состояния железа с насыщающими компонентами, кинетику процессов с выделением тормозящих стадий, состав применяемых сред и температурные режимы обработки. Далее

обсуждается специфика условий в электролизной плазме, касающаяся всех обозначенных выше аспектов.

На втором семинаре рассматриваются результаты, опубликованные в ведущих международных журналах, в основном посвященные катодной обработке. В ходе обсуждения и опроса следует уяснить их достоинства и недостатки, условия получения наноразмерных структур и их возможности положительного влияния на эксплуатационные свойства изделий.

Третий семинар в основном охватывает результаты анодной модификации, в том числе полученные в коллективе Костромского государственного университета. Аспиранты должны знать основные составы электролитов, режимы обработки и характеристики обработанных материалов: толщины упрочненных слоев, их микротвердость, шероховатость, структуру и фазовый состав, а также трибологические и коррозионные свойства.

Семинары 14–17. Химические и электрохимические реакции в парогазовой оболочке

Здесь обсуждаются процессы, определяющие состав парогазовой оболочки, в частности, кипение электролита, испарение летучих компонентов в оболочку, термическое разложение ряда соединений в электролите и в оболочке, электроокисление продуктов разложения на поверхности анода, адсорбция насыщающих компонентов на обрабатываемой поверхности и их диффузия в материал. Аспиранты должны знать основные реакции в оболочке и доказательства их наличия.

На первом семинаре аспиранты делают доклады с использованием данных, опубликованных другими авторами, и своих результатов.

На втором семинаре учащиеся проходят тестирование по всему курсу.

7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

а) основная:

1. Электролитно-плазменная модификация металлов учебник / П.Н. Белкин, С.Ю. Шадрин, С.А. Кусманов, И.Г. Дьяков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Костромской государственный университет имени Н. А. Некрасова. - Кострома : КГУ им. Н. А. Некрасова, 2014. - 308 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-7591-1475-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275634> (01.09.2018).

2. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов : в 2-х т. / П.Н. Белкин, А.В. Эпельфельд, В.Б. Людин и др. - Москва : РИЦ "Техносфера", 2011. - Т. 1. - 464 с. - (Мир материалов и технологий). - ISBN 978-5-94836-267-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=88982> (01.09.2018).

б) дополнительная:

1. Белкин П. Н. Электрохимико-термическая обработка металлов и сплавов. М: Мир, 2005. – 336 с.

2. Сивухин, Д.В. Общий курс физики : учебное пособие : в 5-х т. / Д.В. Сивухин. - 5-е изд., стер. - М. : Физматлит, 2009. - Т. 3. Электричество. - 655 с. - ISBN 978-5-9221-0673-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82998>

3. Yerokhin A. L., Nie X., Leyland A., Matthews A., Dowe S. J. Plasma electrolysis for surface engineering // Surface and Coatings Technology. 1999. 122. P. 73-93.

4. M. Aliofkhaezaei, P. Taheri, A. Sabour Rouhaghdam, Ch. Dehghanian, Systematic study of nanocrystalline plasma electrolytic nNitrocarburising of 316L austenitic stainless steel for corrosion protection, J. Mater. Sci. Technol. 23 (2007) 665–671.

5. S.Yu. Shadrin, A.V. Zhiron, P.N. Belkin. Formation Regularities of Gaseous Vapour Plasma Envelope in Electrolyzer // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – 2016. – Vol. 52, No. 1. – pp. 110–116

6. П. Н. Белкин, С. А. Кусманов Электрохимические особенности электролитно-плазменной химико-термической обработки стальных и титановых сплавов // Физикохимия поверхности и защита металлов. 2016. Т. 52, № 6, с. 654–672.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Информационно-образовательные ресурсы:

1. Федеральный портал «Российское образование»;
2. Официальный сайт министерства образования и науки Российской Федерации
3. Thermalinfo.ru – сайт справочной информации по теплофизическим свойствам веществ в зависимости от температуры и давления

2.<http://diss.rsl.ru>.

- Жаховский В. В. Моделирование фазовых переходов первого рода методом молекулярной динамики : диссертация ... кандидата физико-математических наук / М., 1996
- Лексин М. А. Исследование плёночного режима теплообмена и кризиса при кипении недогретой жидкости : автореферат дис. ... кандидата технических наук / М., 2009
- Петрик П. Т. Пленочное кипение и конденсация в зернистом слое : автореферат дис. ... доктора технических наук / Новосибирск, 1995
- Липнягов Е. В. Исследование характера вскипания перегретых жидкостей вблизи границы достижимого перегрева : диссертация ... кандидата физико-математических наук / Екатеринбург, 2006
- Бараш Л. Ю. Испарение и динамика лежащей на подложке капли : автореферат дис. ... кандидата физико-математических наук / М., 2009
- Митрофанов С. М. Термодинамический кризис кипения. Геометрические характеристики : автореферат дис. ... кандидата физико-математических наук / Екатеринбург, 2006

Электронные библиотечные системы:

1. Университетская библиотека онлайн <http://biblioclub.ru>
2. «Лань» <http://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Znaniium»

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория для лекций:

Лекционные занятия проводятся в аудиториях с требуемым числом посадочных мест, оборудованные мультимедиа (например, корпус Е, № 226, количество посадочных мест – 60, мультимедийный комплекс, включающий экран, компьютер и проектор)

Аудитории для практических занятий:

Компьютерный класс, корпус "Е", ауд.227, количество посадочных мест – 16, Блок системный КМ Office ТЗ-4170, монитор Philips.

Лицензионное ПО: Windows 8.1 Pro договор № 50155/ЯР4393 от 12.12.2014 с ООО Софтлайн Проекты, MathCAD Education договор № 208/13 от 10.06.2013 с ООО ЮнитАльфаСофт.

Свободно распространяемое программное обеспечение:

Аудитории для самостоятельной работы:

Читальный зал корпуса «Е», количество посадочных мест – 22, 9 компьютеров (6 для читателей, 3 для сотрудников); 1 сканер.

Читальный зал корпуса «Б1», количество посадочных мест – 200. 3 компьютера для сотрудников; 1 принтер; 1 копир/принтер; 1 проектор; 2 экрана для проектора; 1 ворота «Антивор»; 1 WIFI-точка доступа. Лицензионное ПО: АИБС МаркSQL.

Компьютерный класс, корпус "Е", ауд.227, количество посадочных мест – 16, Блок системный КМ Office ТЗ-4170, монитор Philips. Лицензионное ПО: Windows 8.1 Pro договор № 50155/ЯР4393 от 12.12.2014 с ООО Софт-лайн Проекты, MathCAD Education договор № 208/13 от 10.06.2013 с ООО ЮнитАльфаСофт.