



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

---

Утверждаю

Зав.кафедрой ТЭП

 А.Ф. Дресвянников

**Программа вступительного испытания по программе подготовки  
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по специальности 2.6.9 «Технология электрохимических процессов  
и защита от коррозии»**

Казань, 2022

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам магистратуры.

## **1. Вопросы вступительного испытания**

1. Понятия: электрохимическая система, электрод, электролит, внешняя и внутренняя цепи, типы электрохимических систем их особенности и области использования.
2. Двойной слой на границе электрод–раствор. Процессы заряжения и разряда двойного слоя, фарадеевские процессы. Принцип независимости электрохимических реакций. Ток обмена. Замедленная стадия электродного процесса, различные виды замедленных стадий.
3. Законы Фарадея. Число Фарадея и его физический смысл.
4. Потенциалы разряда ионов, потенциалы окисления и восстановления ионов и молекул. Причины кажущихся отклонений от законов Фарадея. Первичные, вторичные и побочные реакции.
5. Выход по току. Методы определения выхода по току. Особенности определения выхода по току при импульсном электролизе.
6. Уравнение электродного потенциала (уравнение Нернста). Международные правила о знаке электродного потенциала. Водородная шкала электродных потенциалов. Стандартные электродные потенциалы.
7. Электрохимический потенциал и свободная энергия Гиббса.
8. Связь равновесной ЭДС электрохимической цепи с максимальной работой и изменением энергии Гиббса.
9. Водородная шкала электродных потенциалов.
10. Равновесные и стационарные электродные потенциалы.
11. Классификация электродов (условная запись, потенциалопределяющая реакция и уравнение электродного потенциала). Электроды первого, второго, третьего рода.

12. Неравновесные электрохимические системы. Электрохимические ячейки. Основные и побочные продукты электролиза. Понятия: «парциальный ток» и «выход по току»
13. Скорость электрохимической реакции (ЭХР) и ее аналитическое выражение. Электрохимические эквиваленты. Сила и плотность тока как характеристика скорости ЭХР. Истинная плотность тока.
14. Стадийность катодной электрохимической реакции (на примере восстановления комплекса металла). Стадийность анодных реакций на растворимых и не растворимых электродах. Понятие: «лимитирующая стадия ЭХР».
15. Поляризация и составляющие электродной поляризации. Перенапряжение электрохимической реакции и его слагаемые.
16. Перенапряжение. Кинетика процессов с замедленной стадией переноса заряда. Уравнение Тафеля.
17. Использование уравнения Тафеля для определения кинетических параметров электрохимической реакции.
18. Методы изучения электродной поляризации и электрохимического перенапряжения.
19. Уравнение скорости электрохимической реакции при лимитирующей стадии переноса заряда (уравнение поляризационной кривой).
20. Кинетика совмещенных, сопутствующих реакций. Принципы независимости и суперпозиции поляризационных кривых.
21. Деполяризация и сверхполяризация в сопряженных реакциях электрохимического сплавообразования металлов.
22. Классификация электрохимических процессов с точки зрения электрохимической термодинамики. Дайте определение понятиям: электролизёр, гальванический элемент. Классификация электролизёров по назначению.

23. Классификация электролизёров по способу включения электродов в электрическую цепь: монополярные и биполярные. Примеры использования. Расчёт тока и напряжения.
24. Конструкции используемых в электролизёрах электродов: сплошные, не сплошные, насыпные, жидкие, подвижные, комбинированные.
25. Диафрагменные и бездиафрагменные электролизёры. Типы диафрагм, назначение. Примеры практического использования: схемы электролизёров для получения водорода и кислорода, хлора и щёлочи, электролизёры с ионообменной диафрагмой.
26. Мембранный электролиз. Типы мембран, назначение.
27. Материальный баланс электролизёров: с проточным и непроточным электролитом.
28. Баланс напряжений электролизёра: основное уравнение, диаграмма распределения падения напряжений в электролизёре. Графическое определение электрохимических и электрических составляющих баланса: реактора и гальванической ванны. Расчёт падения напряжения в электролите с плоскими, коаксиальными, подвижными (барабан) электродами.
29. Энергетический баланс электролизёра.
30. Выбор источника питания гальванической ванны. Удельный расход электрической энергии (реактор, гальваническая ванна)
31. Механизм процесса электрокристаллизации металлов. Теория образования зародышей новой фазы.
32. Образование и рост кристаллических зародышей, двумерные и трехмерные зародыши. Структура металлов и роль дислокаций и поверхностной диффузии в процессах электрокристаллизации.
33. Условия образования поликристаллических осадков. Влияние основных факторов: состава электролитов, режима электролиза на структуру электролитических осадков.
34. Условия электрохимического осаждения сплавов.

35. Распределение тока и металла при электроосаждении покрытий на подвесках. Критерии используемые для количественной оценки распределения тока и металла.
36. Распределение тока и металла при электроосаждении покрытий насыпью (барабан, колокол). Статистические методы используемые для регулирования процессов электроосаждения насыпью.
37. Физико-химические особенности процесса электроосаждения насыпью. Модель процесса по Крейгу и Харру.
38. Выбор составов технологических растворов, нормы расхода химикатов и анодного материала в технологических процессах нанесения покрытий.
39. Общие сведения о твёрдости покрытий. Приборы и методы (Бринелля, Роквелла, Виккерса, Мооса) измерения твёрдости гальванических металлических покрытий, Количественные показатели твёрдости.
40. Химическая генерация электрической энергии. Основные типы химических источников тока.
41. Сухие гальванические элементы. Типы и конструкции сухих гальванических элементов. Наливные и резервные гальванические элементы.
42. Топливные элементы. Классификация топливных элементов. Перспективы их применения.
43. Классификации коррозионных процессов.
44. Методы оценки коррозионной стойкости металлов.
45. Термодинамика электрохимической коррозии.
46. Применение диаграмм равновесий потенциал - рН для анализа процессов коррозии.
47. Кинетика электрохимической коррозии.
48. Электрохимическая коррозия, как частный случай протекания сопряженных реакций ионизации атомов металла и восстановления окислителя.
49. Сопряженные реакции при наложении внешней поляризации.
50. Поляризационное сопротивление.

51. Коррозия в условиях локализации катодных и анодных реакций.
52. Коррозия при восстановлении кислорода и ионов гидроксония.
53. Стадийность ионизации металла.
54. Участие компонентов раствора в элементарных стадиях анодной реакции.
55. Растворение металла по химическому механизму.
56. Пассивное состояние металлов.
57. Коррозия сплавов. Способы перевода металла в пассивное состояние. Случаи нарушения пассивного состояния (перепассивация, питтингообразование).
58. Коррозия сплавов. Парциальные скорости растворения компонентов сплава.
59. Атмосферная, подземная, морская и биологическая коррозия.
60. Атмосферная коррозия. Механизм, контролирующие факторы. Влияние загрязнений атмосферы, влажности, температуры на скорость атмосферной коррозии.
61. Подземная, морская, биологическая коррозия. Условия возникновения, механизм, особенности протекания.
62. Питтинговая, язвенная, межкристаллитная коррозия. Особенности протекания. Влияние различных факторов на скорость локальных видов коррозии.
63. Коррозия металлов в контакте.
64. Коррозионно-механические разрушения металлов. Коррозионное растрескивание под напряжением. Влияние циклических напряжений. Коррозионная усталость.
65. Кавитационная, эрозионная и фреттинг-коррозия.
66. Водородное охрупчивание. Наводороживание и кинетика разряда ионов водорода.
67. Термодинамика и кинетика газовой коррозии.
68. Требования, предъявляемые к защитным пленкам. Механизм окисления и законы роста оксидных пленок. Правило Пиллинга-Бедвортса.

69. Влияние различных факторов на скорость газовой коррозии.
70. Коррозионная стойкость железа и сплавов на его основе.
71. Коррозионные свойства железа. Роль углерода в коррозионно-электрохимическом поведении сплавов железа с углеродом. Принципы легирования для повышения кислотостойкости, стойкости против питтинговой и межкристаллитной коррозии.
72. Жаростойкие и жаропрочные стали. Электрохимическая характеристика и коррозионная стойкость важнейших цветных металлов и сплавов на их основе (медь, никель, алюминий, магний, титан).
73. Гальванические покрытия. Классификация и механизм защитного действия.
74. Коррозионная стойкость и защитная способность гальванических покрытий.
75. Классификация покрытий. Механизм защитного действия однослойных и многослойных гальванических покрытий.
76. Классификация и обоснование выбора методов защиты. Предупреждение коррозии на стадии проектирования.
77. Противокоррозионное легирование и рафинирование. Термическая обработка металла.
78. Защитные покрытия: металлические, неметаллические неорганические и органические. Обработка агрессивной среды.
79. Ингибиторы коррозии.
80. Консервация металлических изделий.
81. Электрохимические методы защиты. Принципы катодной и анодной защиты.
82. Катодная и анодная защита с помощью поляризации от внешнего источника постоянного тока, защита с помощью протектора. Станции катодной и анодной защиты.
83. Методы исследования электрохимических и коррозионных процессов, способы коррозионных испытаний, их классификации.

84. Метод поляризационных кривых. Определение замедленной стадии с помощью вращающегося электрода и температурно-кинетическим методом.
85. Определение тока обмена, коэффициентов переноса и числа электронов, участвующих в электрохимической реакции.
86. Применение релаксационных потенциостатических методов для исследования механизма электрохимической реакции. Основной потенциостатический метод. Метод ступенчатого изменения потенциала.
87. Циклический потенциостатический метод.
88. Релаксационные гальваностатические методы.
89. Основной гальваностатический метод. Циклический гальваностатический метод. Двухимпульсный гальваностатический метод. Хронопотенциометрия.
90. Переменноточковые методы. Метод фарадеевского импеданса.
91. Ускоренные испытания: их преимущества и ограничения.
92. Методы испытания на газовую коррозию.
93. Гравиметрические испытания на коррозию в электролитических средах.
94. Метод поляризационного сопротивления.
95. Химические и электрохимические методы оценки устойчивости к межкристаллитной и питтинговой коррозии.
96. Испытания на контактную и щелевую коррозию. Испытания на коррозию под напряжением.
97. Методы исследования коррозионной стойкости и защитной способности гальванических покрытий.
98. Стандартизация в области коррозии и защиты от нее. Стандарты ЕСЗКС.

## **2. Учебно-методическое и информационное обеспечение**

### **2.1. Литература**

1. -Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. – СПб.: Лань, 2015. – 672 с.
2. Мирзоев Р.А., Давыдов А.Д. Анодные процессы электрохимической и химической обработки металлов. Учеб. пособие. – Москва: Лань, 2016 – 384с.

3. Козадеров, О.А. Современные химические источники тока. / О.А. Козадеров, А.В. Введенский. - СПб.: Лань, 2017. — 132 с.
4. Общая энергетика: учебник: в 2 кн. / В.П. Горелов, С.В. Горелов, В.С. Горелов и др.; под ред. В.П. Горелова, Е.В. Ивановой. - М. Берлин: Директ-Медиа, 2016. - Кн. 1. Альтернативные источники энергии. - 434 с.
5. Варенцов, В.К. Электрохимические системы и процессы: уч. пособие / В.К. Варенцов, Н.А. Рогожников, Н.Ф. Уваров; - Новосибирск: НГТУ, 2011. - 102 с
6. Черепанов, В.А. Электрохимические равновесия «электрод - электролит». Гальванические элементы: учебное пособие / В.А. Черепанов. - Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2012. - 114 с.
7. Булидорова Г.В., Галяметдинов Ю.Г., Ярошевская Х.М., Барабанов В.П. Электрохимия и химическая кинетика. Учеб. пособие. – Казань: Изд-во Каз. нац. исслед. технол. ун-та, 2014. – 372 с.
8. Ротинян А.Л., Тихонов К.И., Шошина И.А. Тимонов А.М. Теоретическая электрохимия. – М.: ООО «ТИД «Студент», 2013. – 496с.
9. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. – СПб.: Лань, 2015. – 672 с.
10. Киселев М.Г. и др. Электрофизические и электрохимические способы обработки материалов: учеб. пособие. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 389 с.
11. Гамбург Ю.Д., Джованни Зангари. Теория и практика электроосаждения металлов. Монография. – БИНОМ: Лаборатория знаний, 2015. – 441 с.
12. Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008. - 424 с.
13. Смолич А.К., Бурлов В.В. Химическая стойкость материалов в средах нефтехимии и нефтепереработки. Том 1- справочник, 2012. – 392 с.
14. Смолич А.К., Бурлов В.В. Химическая стойкость материалов в средах нефтехимии и нефтепереработки. Том 2 – справочник, 2012. – 384 с
15. Кичигин, Владимир Иванович. Импеданс электрохимических и коррозионных систем / Пермский гос. ун-т .— Пермь : Изд-во ПГУ, 2009 .— 238 с.

16. Семенов, Николай Федорович. Защита подземных стальных газопроводов от электрохимической коррозии: справ. пособие / Н.Ф. Семенов.— Брянск :Клинцовская гор. тип., 2010 .— 408 с
17. Кайдриков Р.А., Журавлев Б.Л., Исакова И. О. Метод импедансной спектроскопии в коррозионных исследованиях. Учебное пособие - Казань: Изд-во КНИТУ, 2012.- 95 с.
18. Виноградова С.С., Кайдриков Р.А., Макарова А.Н., Журавлев Б.Л. Физические методы в исследованиях осаждения и коррозии металлов. Учебное пособие. - Казань: Изд-во КНИТУ, 2014.- 144 с.
19. Кайдриков Р.А., Виноградова С.С., Нуруллина Л.Р, Егорова И.О. Стандартизованные методы коррозионных испытаний. – Казань: Изд-во Казанского государственного технологического ун-та, 2011. – 150 с.
20. Рахимова Д. Ф., Лефтерова О. И., Ившин Я. В. Metalcorrosion. Electroplating. Защита металлов от коррозии. Гальванотехника: учебно-методическое пособие – Казань: КНИТУ, 2013 г. - 151 с.
21. Фатхуллин, А.А.; Кайдриков, Р.А.; Журавлев, Б.Л.; Ткачева, В.Э. Электроизолирующие соединения в системах электрохимической защиты.- Казань: КНИТУ, 2011.- 132 с.
22. Котельников А.В., Кандаев В.А. Блуждающие токи и эксплуатационный контроль коррозионного состояния подземных сооружений систем электроснабжения железнодорожного транспорта: монография - Изд-во УМЦ ЖДТ (Маршрут), 2013 г. - 553 с.
23. Попова А.А. Методы защиты от коррозии. Курс лекций – Санкт – Петербург: Изд-во Лань, 2014. – 198 с.
24. Жарский И. М., Куис Д. В., Иванова Н. П. Коррозия и защита металлических конструкций и оборудования – М.: Высшая школа, 2012. – 304 с.
25. Долгих С.А., Ткачева В.Э., Кайдриков Р.А., Журавлев Б.Л. Катодная защита обсадных колонн нефтяных скважин Учеб. пособие, Казань: КНИТУ, 2014 - 136 с.
26. Антропов, Л.И. Теоретическая электрохимия. М.: Высш. шк., 1984.

27. Гальванические покрытия в машиностроении: справочник: в 2 т.; под ред. М.А. Шлугера. М.: Машиностроение, 1985. – 2 т.
28. Томилов, А.П. Прикладная электрохимия. - М.: Химия, 1984.
29. Багоцкий, В.С. Химические источники тока. / В.С. Багоцкий, А.М. Скундин. – М.: Энергоатомиздат, 1981.
30. Томашов, Н.Д. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные материалы. / Н.Д. Томашов, Г.П. Чернова. – М.: Металлургия, 1986.
31. Жук, Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. М.: Металлургия, 1976.
32. Кудрявцев, Н.Т. Электролитические покрытия металлами. М.: Химия. 1979. 351 с.
33. Вячеславов, П.М. Электролитические сплавы. Л.: Машиностроение, 1985.
34. Фиошин, М.Я. Электрохимические системы в синтезе химических продуктов. / М.Я. Фиошин, М.Г. Смирнова – М.: Химия, 1985.
35. Якименко, Л.М. Получение водорода, кислорода, хлора и щелочей. – М.: Химия, 1981.
36. Грихлихес, К.И., Тихонов, К.И. Электрохимические и химические покрытия. Теория и практика. - Л. : Химия, 1990.-288 с.
37. Улиг, Г.Г., Ревы, Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику. - Л.: Химия, 1989.-455 с.
38. Колесников, В.А. Экология и ресурсосбережение в электрохимических производствах. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004.- 220 с.
39. Неверов, А.С., Родченко, Д.А., Цырлин, М.И. Коррозия и защита материалов. – Минск :Вышэйшая школа, 2007.- 222 с.
40. Семенова, Л.В., Флорианович, А.В., Хорошилов, А.В. Коррозия и защита от коррозии. – 2 изд. – М. :Физматлит, 2006.- 427 с.
41. Виноградов, С.С. Экологически безопасные гальванические производства. М.: Глобус, 2002.

42. Л.А. Кульский, И.Т. Гороновский, А.М. Корпгоновский. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки сточных воды. Киев. :Навуковая думка, 1980. 680 с.

## **2.2. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ: Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
2. ЭБС «Лань»:Режим доступа: <https://e.lanbook.com>
3. Образовательная платформа «Юрайт»: Режим доступа: <https://urait.ru/>
4. ЭБС «Znanium.com»: Режим доступа: <http://znanium.com/>
5. ЭБС Университетская библиотека онлайн: Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>
6. ЭБС IPRbooks: Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
7. ЭБС BOOK.ru : Режим доступа: <https://www.book.ru/>
8. Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/>

## **3. Критерии оценки**

Оценка знаний проводится в форме устного/письменного ответа на вопросы экзаменационной комиссии. Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по стобалльной системе.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – «60».

Билет вступительного испытания включает два вопроса. Каждый из вопросов билета оценивается баллами от 0 до 50 в соответствии с таблицей.

Критерии	Баллы
Ответ полный, логичный, конкретный, продемонстрированы полные знания	50-41
Ответ полный, с незначительными замечаниями и ошибками	40-31
Ответ неполный, существенные замечания, наличие ошибок и некоторых пробелов в знаниях	30-21
Неполный ответ, наличие ошибок и пробелов в знаниях	20-11
Ответ на поставленный вопрос не дан или несодержателен	10-0