

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
по науке и инновациям

И.И. Комаров

« ____ » _____ 2026 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В
АСПИРАНТУРУ**

Группа научных специальностей – 2.4. Энергетика и электротехника
Научная специальность – 2.4.5. Энергетические системы и комплексы
Профиль – Электрохимические энергоустановки

1. Общие положения

Мировые тенденции и проблемы развития электрохимических технологий в водородной энергетике. Способы производства водорода: кислородная и парокислородная конверсия природного газа, получение водорода с помощью угля, химические и электрохимические циклы, другие способы производства водорода. Место электрохимического способа производства водорода в атомно-водородной и возобновляемой энергетике. Тенденции и проблемы создания топливных элементов. Применение топливных элементов в стационарных энергоустановках, на транспорте, в специальных целях. Мировой рынок топливных элементов. Конструктивные разновидности химических источников тока. Основные характеристики химических источников тока. Электрические характеристики первичных элементов. Эксплуатационные характеристики. Сравнительные характеристики. История создания и развития аккумуляторов. Области применения. Мировой рынок: тенденции и проблемы аккумуляторов.

2. Технологии производства водорода

Виды конверсии углеводородов. Пиролиз. Газификация твердых углеводородов. Конверсия углеводородов. Равновесный состав и тепловой эффект пароводяной конверсии метана. Расчет равновесного состава «реакции сдвига». Катализаторы пароводяной конверсии метана. Термоэлектрохимические циклы. Физические способы производства водорода. Водно-щелочной и твердополимерный электролиз. Тепломассоперенос в щелочной электролизной электрохимической системе. Катализаторы катодного выделения водорода и анодного выделения кислорода. Мембранно-электродные блоки. Принципы конструирования электролизеров. Высокотемпературные электролизеры.

3. Способы хранения водорода

Способы хранения и транспорта водорода. Технико-экономическое сравнение различных способов хранения и транспортировки водорода: газобаллонного, в жидком виде, хранение в гидридах металлов и др.

4. Использование водорода в энергетике и на транспорте

Использование низкотемпературных и высокотемпературных электролизеров воды и топливных элементов для сглаживания пиковых нагрузок в энергосистеме. Энерготехнологические комплексы на основе водорода. Принципиальная схема атомно-водородного энергоблока. Сравнительные характеристики ГТУ при использовании в качестве топлива водорода и стандартного углеводорода. Аккумулирование энергии возобновляемых источников. Водород на транспорте. Заправочные водородные станции.

5. Классификации топливных элементов

Классификации топливных элементов по типу электролита, типу топлива и окислителя и по температуре эксплуатации. Критерии эффективности работы топливных элементов. Сравнение КПД тепловых

электрических станций и топливных элементов. Термодинамика топливного элемента. Максимальная электрическая работа. Расчет электрических потенциалов. ЭДС и рабочее напряжение топливного элемента.

6. Топливные элементы с твердым полимерным электролитом

Области применения топливных элементов с твердым полимерным электролитом (ТПЭ). Принципиальная схема водородного топливного элемента с ТПЭ. Электрокаталитический слой. Газодиффузионные электроды, микропористый подслой. Биполяры. Электродные реакции. Процессы электроокисления водорода и электровосстановления кислорода. Вольт-амперная и ватт-амперная характеристики.

Мембранно-электродные блоки. Оптимизация процессов массопереноса в зоне воздушного электрода (катода). Особенности кинетики электрохимических реакций при работе топливных элементов с ТПЭ.

7. Водно-щелочные топливные элементы

Мировые компании-лидеры в производстве водно-щелочных топливных элементов. Достижения НПО «Центротех».

Электродные реакции. Особенности электроокисления водорода и электровосстановления кислорода. Электрокатализаторы анодной реакции окисления водорода. Электрокатализаторы катодного восстановления кислорода. Пористые разделительные диафрагмы и мембраны в щелочных топливных элементах. Процессы тепло и массопереноса в щелочной ячейке.

8. Фосфорнокислые топливные элементы

Преимущества и недостатки фосфорнокислых топливных элементов по сравнению с твердополимерными и щелочными топливными элементами. Особенности кинетики электрохимических реакций при работе фосфорнокислых топливных элементов. Электрокатализаторы анодной реакции окисления водорода и катодного восстановления кислорода. Пористая термостойкая матрица для электролита.

9. Высокотемпературные топливные элементы

Виды высокотемпературных топливных элементов, их преимущества и недостатки. Термодинамика высокотемпературных топливных элементов. Расплавно-карбонатные топливные элементы (РКТЭ). Топливо для РКТЭ. Принципиальные схемы энергоустановок с внутренней и внешней конверсией природного газа. Процессы на электродах. Особенности использования расплава карбонатов щелочных металлов в качестве электролита. Перспективы ухода от благородных электрокатализаторов. Твердоокисидные топливные элементы (ТОТЭ). Электродные, мембранные и др. материалы.

10. Электролиты первичных элементов

Водные растворы электролитов. Щелочные, солевые электролиты. Сепараторы. Ингибиторы коррозии. Неводные растворы электролитов. Растворители и соли. Полимеры. Гель-полимерные электролиты. Твердополимерные электролиты.

11. Первичные элементы с водным электролитом

Элементы с цинковым анодом и щелочным электролитом. Электрические и эксплуатационные характеристики марганцево-цинковых и ртутно-цинковых элементов. Воздушно-металлические источники тока. Резервные источники тока. Наливные источники тока. Тепловые источники тока.

12. Литиевые первичные элементы

Типы первичных литиевых ХИТ. Основные характеристики и параметры. Требования к активным материалам электродов, электролитам и растворителям. Влияние различных факторов на функционирование катода и анода. Основные проблемы батарей первичных элементов и пути их решения. Взрывопожаробезопасность. Новые катодные материалы. Современные технологии производства первичных элементов.

13. Аккумуляторы

Типы аккумуляторов. Аккумуляторы с водным электролитом. Методы исследования. Проблемы анодов на основе металлического лития. Литий-ионный аккумулятор. Материалы отрицательного и положительного электродов. Взрывопожаробезопасность. Литий-полимерный аккумулятор. Твердофазные литиевые аккумуляторы. Аккумуляторы литий-сера, натрий-сера. Современные технологии производства аккумуляторов.

«Согласовано»

Директор ИЭВТ
к.т.н., доцент

И.А. Щербатов