

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.

Программа аспирантуры

Направление 04.06.01. Химические науки

Направленность (специальность) 02.00.05 Электрохимия

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Топливные элементы»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.3.2

Всего: 72 часа

Семестр 5, в том числе

6 часов - контактная работа,
48 часов - самостоятельная работа,
18 часов - контроль.

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.06.01. Химические науки, утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 г. №_869 и паспорта специальности 02.00.05 Электрохимия, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является изучение теории процессов, протекающих в топливных элементах для последующего использования при разработке технологии их производства и улучшении параметров .

Задачами дисциплины являются:

- познакомить обучающихся с принципами функционирования топливных элементов, с их классификацией;
- познакомить обучающихся закономерностями работы топливных элементов;
- познакомить обучающихся с основами конструкции и технологии изготовления топливных элементов различного типа с использованием последних достижений;
- научить создавать новые топливные элементы различного типа,
- научить производить расчеты и эскизное проектирование топливных элементов различного типа.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6)

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- владеть информацией о новейших достижениях электрохимической и водородной энергетики (ПК-1)
- владеть современными методами физико-химических исследований (ПК-2);
- разрабатывать и исследовать электрохимические системы нового поколения (ПК-3);
- владеть современными и перспективными компьютерными и информационными технологиями (ПК-4)
- владеть технологиями создания электродных материалов и электролитов (ПК-5);
- знать наноматериалы, применяемые в технологиях электрохимической и водородной энергетики, их назначение и характеристики (ПК-6).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен продемонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- принципы работы топливных элементов и электрохимических энергоустановок на их основе (ПК-3);
- современные и перспективные пути решения проблем усовершенствования существующих и разработки новых перспективных топливных элементов (ПК-3);
- наноматериалы, применяемые в технологиях создания топливных элементов, их назначение и характеристики (ПК-6)

уметь:

- проводить электрохимические исследования и анализ характеристик электродов, электролитов и топливных элементов (ПК-2)

- проводить критический анализ и оценку современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач в области топливных элементов (УК-1)
- разбираться в методиках расчета и проектирования топливных элементов и применять их для решения поставленной задачи (ПК-3)
- планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6)
- самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области топливных элементов с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

владеть:

- информацией о новейших достижениях в области топливных элементов (ПК-1);
- современными и перспективными компьютерными и информационными технологиями (ПК-4);
- технологиями создания электродных материалов и мембранно-электродных блоков (ПК-5).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Общие положения

Тенденции и проблемы создания топливных элементов (ТЭ). Применение стационарных топливных элементов, на транспорте, для специальных целей. Мировой рынок ТЭ.

2. Классификации топливных элементов

Классификации топливных элементов (ТЭ) по типу электролита, типу топлива и окислителя и по температуре эксплуатации. Критерии эффективности работы ТЭ. Сравнение КПД тепловых электрических станций и ТЭ. Термодинамика топливного элемента. Максимальная электрическая работа. Расчет электрических потенциалов. ЭДС. Напряжение ТЭ.

3. Топливные элементы с твердым полимерным электролитом

Области применения топливных элементов с твердым полимерным электролитом (ТПЭ). Принципиальная схема водородного топливного элемента с ТПЭ. Электрокаталитический слой. Коллекторы тока. Газодиффузионный подслой. Биполяры. Электродные реакции. Многостадийные процессы электроокисления водорода и электровосстановления кислорода.

Синтез мембранно-электродных блоков. Оптимизация процессов массопереноса в зоне воздушного электрода (катода). Особенности кинетики электрохимических реакций при работе ТЭ.

Электрокатализаторы анодной реакции окисления водорода. Электрокатализаторы катодного восстановления кислорода.

Двухмерная математическая модель для системы воздушный канал – пористый коллектор тока – мембранно – электродный блок.

4. Твердый полимерный электролит (ТПЭ)

Физико-химические свойства протонпроводящих мембран. Структура перфторированных катионообменных мембран Nafion и МФ-4СК. Обменная емкость Удельное сопротивление. Газопроницаемость. Диффузия воды через мембрану. Кластерно-сетчатая модель ТПЭ. Перенос протона в ТПЭ как молекулярной структуры с водородными связями. Высокотемпературные полимерные протонпроводящие мембраны.

5. Водно-щелочные топливные элементы

Водородные щелочные топливные элементы (ТЭ) фирм UTC Fuel Cells и Union Carbide. Достижения Уральского электрохимического комбината.

Электродные реакции. Особенности электроокисления водорода и электровосстановления кислорода. Электрокатализаторы анодной реакции окисления водорода. Электрокатализаторы катодного восстановления кислорода. Пористые разделительные диафрагмы и мембраны в щелочных ТЭ. Процессы тепло,- массопереноса в щелочной ячейке. Принцип Онзагера термодинамики необратимых процессов для расчета ионных и молекулярных потоков.

6. Фосфорнокислые топливные элементы

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

7. Топливные элементы с ТПЭ с прямым окислением спиртов

Метанольные топливные элементы. Преимущества и недостатки. Продукты неполного электрохимического окисления метанола. Катализаторы катодной и анодной реакций. Особенности использования этанола, борогидрида натрия и диметилового эфира в качестве топлива.

8. Высокотемпературные топливные элементы (ВТЭ)

Преимущества и недостатки. Термодинамика ВТЭ. 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.

Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ). Оксидные композиции с проводимостью по ионам кислорода, протонам или со смешанной ионно-электронной проводимостью. Электрокатализаторы катодной и анодной реакций. Трубочатые и планарные ТОТЭ.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 5 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и для проведения зачета

1. Дайте определение топливного элемента (ТЭ).
2. Какие типы топливных элементов вы знаете?
3. Каковы основные токообразующие процессы, протекающие на электродах в водородно-кислородном топливном элементе?

4. Почему напряжение топливного элемента ниже его ЭДС ?

5. Какие стадии анодного и катодного процессов могут быть лимитирующими?

6. Как рассчитываются омические потери в межэлектродном пространстве в ТЭ

7. Каковы причины, обуславливающие различие вольт-амперных характеристик ТЭ при различных температурах?

8. Из каких компонентов состоит электрохимический генератор на основе ТЭ?

9. На какие электроды ТЭ подаются топливо и окислитель?

10. Из каких компонентов состоит топливный элемент?

11. Основные понятия о топливных элементах.

12. Классификация топливных элементов

13. Электрохимические процессы, протекающие в топливных элементах:

а) с твердополимерным электролитом б) со щелочным электролитом

14. Кинетика электрохимических процессов.

15. Термодинамика электрохимических процессов, протекающих в топливных элементах

16. Сепараторы для топливных элементов: а) ионообменные мембраны

б) пористые диафрагмы в) твердооксидный электролит

17. Ионный и молекулярный перенос через сепараторы

18. Влияние структурных и технологических факторов на кинетику электрохимических процессов.

19. Электрохимические энергоустановки на основе топливных элементов.

20. Топливные элементы с твердым полимерным электролитом

21. Водно-щелочные топливные элементы

12. Фосфорнокислые топливные элементы

23. Топливные элементы с ТПЭ с прямым окислением спиртов

24. Высокотемпературные топливные элементы

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Кулешов Н.В., Григорьев С.А., Фатеев В.Н. «Электрохимические технологии в водородной энергетике», Издательство МЭИ, 2007, 115 с.
2. Кулешов Н.В., Осина М.А., Фатеев В.Н. Нанотехнологии и наноматериалы в электрохимических системах, изд. МЭИ. 2010, 69 с.
3. Коровин Н.В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки. Москва. МЭИ. 2005. 278 с.
4. Козлов С.И., Фатеев В.Н., Водородная энергетика: современное состояние, проблемы, перспективы. М. Газпром. 2009. 87 с.

Дополнительная литература:

5. Методы водородного аккумулирования энергии в гидридах металлов: учеб. пособие / Д.О. Лазарев, С.П. Малышенко, Г.Г. Яньков. — М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 41 с.
6. А.Д. Трухний, М.А. Изюмов, О.А. Поваров, С.П. Малышенко. Учебник для ВУЗов «Основы современной энергетики» т. 1. Современная теплоэнергетика. Глава 20. Введение в водородные технологии для энергетики – М.: Издательский дом МЭИ. 2008 г.