

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС В УСТАНОВКАХ ВОДОРОДНОЙ И
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

| | |
|-----------------------------------|--|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.10.01.01 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 3 семестр - 5; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 180 часов |
| Лекции | 3 семестр - 32 часа; |
| Практические занятия | 3 семестр - 32 часа; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | 3 семестр - 2 часа; |
| Самостоятельная работа | 3 семестр - 113,5 часов; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: | |
| Тестирование | |
| Контрольная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 3 семестр - 0,50 часа; |

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

| | | |
|--|--|-----------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Блинов Д.В. |
| | Идентификатор | R07cd0a36-BlinovDV-2a7575e4 |

Д.В. Блинов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

| | | |
|--|--|------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Ланская И.И. |
| | Идентификатор | R3db6324d-Lanskyall-6f410db9 |

И.И. Ланская

Заведующий выпускающей
кафедрой

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Кулешов Н.В. |
| | Идентификатор | Re9c42de9-KuleshovNV-bc390ed6 |

Н.В. Кулешов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение тепломассообменных процессов в установках водородной и электрохимической энергетики для повышения их энергоэффективности.

Задачи дисциплины

- изучение и анализ тепломассообменных процессов в автономных энергетических системах;
- овладение основами расчета потоков тепла и массы вещества в установках водородной и электрохимической энергетики;
- определение влияния тепломассообменных процессов на энергоэффективность топливных элементов, химических источников тока и энергосбережение при производстве водорода электролизом воды.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|---|---|
| ПК-3 Способен к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации и разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов | ИД-1 _{ПК-3} Обосновывает потребности в техническом и материальном обеспечении эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов | знать: - ИД-1ПК-3 способы разработки, модернизации, правильной эксплуатации оборудования электрохимических энергоустановок и в водородной энергетике. уметь: - ИД-1ПК-3 определять влияния тепломассообменных процессов на энергоэффективность топливных элементов, химических источников тока и энергосбережение при производстве водорода электролизом воды. |
| ПК-4 Способен к определению потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов в энергоресурсах | ИД-2 _{ПК-4} Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов | знать: - ИД-2ПК-4 методы определения потребности электрохимических энергоустановок в топливе, производства электролизного водорода в электроэнергии, обоснования мероприятий по уменьшению расхода топлива в электрохимических энергоустановках и электроэнергии в электролизерах. уметь: - ИД-2ПК-4 эффективно использовать топливно-энергетические ресурсы в электрохимических энергоустановках и в водородной энергетике. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы химической термодинамики
- знать основы процессов, протекающих в установках водородной энергетике, аккумуляторах, первичных элементах, топливных элементах, электрохимических энергоустановках
- знать конструкцию, параметры и схемы установок водородной энергетике и электрохимических энергоустановок
- знать основы тепломассообмена
- знать критерии оценки эффективности работы тепломассообменного оборудования
- уметь рассчитывать характеристики электрохимических систем

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания | |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|---|---|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 1 | Основные термины, определения и понятия термодинамики электрохимических систем | 36 | 3 | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 20 | - | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основные термины, определения и понятия термодинамики электрохимических систем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 13 - 21 [4], стр. 402 – 405, 440 - 443 [6], стр. 8 – 40 [7], стр. 336-362</p> | |
| 1.1 | термодинамика электрохимических систем | 36 | | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 20 | - | | |
| 2 | Тепломассообменные процессы в электрохимических системах | 36 | | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | - | 20 | | - |
| 2.1 | Тепломассообменные процессы в электрохимических системах | 36 | | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | - | 20 | | - |
| | | | | | | | | | | | | | | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Тепломассообменные процессы в электрохимических системах" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Тепломассообменные процессы в электрохимических системах"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 189 - 199, 59 - 72, 176 – 188, 141-160 [2], стр. 32 – 43, 9 - 18 [5], стр. 98 – 112</p> | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|---------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------|-----------|--------------|---|
| 3 | Определение влияния тепломассообменных процессов на потребности производства водорода электролизом воды в топливно-энергетических ресурсах | 36 | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 20 | - | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Определение влияния тепломассообменных процессов на потребности производства водорода электролизом воды в топливно-энергетических ресурсах" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение |
| 3.1 | Влияния тепломассообменных процессов на потребности в топливно-энергетических ресурсах | 36 | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 20 | - | дополнительного материала по разделу "Определение влияния тепломассообменных процессов на потребности производства водорода электролизом воды в топливно-энергетических ресурсах" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 19 -32 [3], стр. 20 – 3, 43 - 55 [5], стр. 4 – 11 |
| 4 | Мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для установок водородной, электрохимической энергетики | 36 | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 20 | - | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для установок водородной, электрохимической энергетики" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях |
| 4.1 | Энерго- и ресурсосбережение для установок водородной, электрохимической энергетики | 36 | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 20 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для установок водородной, электрохимической энергетики" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], стр. 225 - 252,456 – 459, 343 - 352 [5], стр. 54 – 63, 112 – 117 |
| | Экзамен | 36.00 | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.50 | - | 33.50 | |
| | Всего за семестр | 180.00 | 32 | - | 32 | - | 2 | - | - | 0.50 | 80 | 33.50 | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|---------------|--|-----------|----------|-----------|----------|----------|-------------|---------------|--|
| | Итого за семестр | 180.00 | | 32 | - | 32 | 2 | - | 0.50 | 113.50 | |
|--|-------------------------|---------------|--|-----------|----------|-----------|----------|----------|-------------|---------------|--|

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основные термины, определения и понятия термодинамики электрохимических систем

1.1. термодинамика электрохимических систем

Общие сведения об установках водородной и электрохимической энергетики. Токообразующие реакции в топливных элементах. Термодинамика электрохимических реакций. Термонеutralная ЭДС. Термический КПД. Зависимость ЭДС и термонеutralной ЭДС от парциального давления топлива в смеси газов и от температуры. Тепловые эффекты электрохимических реакций при прохождении тока. Виды конверсии метана..

2. Тепломассообменные процессы в электрохимических системах

2.1. Тепломассообменные процессы в электрохимических системах

Современное состояние разработок в области создания высокотемпературных твердооксидных топливных элементов и электролизеров водяного пара. Массоперенос через твердый электролит и электроды. Конструкции электрохимических элементов и ячеек. Отечественный и международный опыт создания топливных элементов с расплавленным карбонатным электролитом. Исследования и разработки высокотемпературных топливных элементов твердым полимерным электролитом. Кислородная конверсия метана. Автотермический риформинг. Опыт разработки и эксплуатации щелочных и кислотных аккумуляторов. Тепловой разгон. Гибридные энергоустановки на основе топливных элементов и ГТУ. Принципиальные схемы гибридных энергоустановок. Составление и решение уравнений материального баланса. Уравнения энергетического баланса. Эффективное использование топлива в электрохимических энергоустановках. Утилизация высокопотенциального тепла ТЭ в ГТУ для улучшения технико-экономических показателей. Расчет КПД. Энергетические диаграммы..

3. Определение влияния тепломассообменных процессов на потребности производства водорода электролизом воды в топливно-энергетических ресурсах

3.1. Влияния тепломассообменных процессов на потребности в топливно-энергетических ресурсах

Высокотемпературный электролизом водяного пара. Принципиальная схема высокотемпературной электролизной установки. Потребности в топливно-энергетических ресурсах при производстве водорода электролизом водяного пара..

4. Мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для установок водородной, электрохимической энергетики

4.1. Энерго- и ресурсосбережение для установок водородной, электрохимической энергетики

Анализ энергоэффективности установок водородной и электрохимической энергетики. Понятие эксергия. Расчет потоков эксергии веществ и тепла. Эксергетический КПД электрохимических установок. Построение эксергетических диаграмм. Мероприятия по уменьшению расхода топлива в электрохимических энергоустановках и электроэнергии в электролизерах..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет потребностей производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов в энергоресурсах (2 часа).;

2. Эксергетический анализ электрохимических систем. Расчеты эксергетического КПД, построение эксергетических диаграмм. (4 часа).;
3. Расчеты КПД, построение энергетических диаграмм установок электрохимической энергетики (2 часа).;
4. Расчеты высокотемпературных электролизеров для производства водорода электролизом воды (4 часа).;
5. Расчеты энергетического и теплового балансов в установках электрохимической энергетики (2 часа).;
6. Расчеты тепловых и массообменных процессов в щелочных аккумуляторах (2 часа).;
7. Расчеты процессов конверсии метана (2 часа).;
8. Расчеты тепловыделения в электрохимических системах при прохождении тока (2 часа).;
9. Расчеты массопереноса в электрохимических системах (2 часа).;
10. Расчеты температурных зависимостей ЭДС и термонеutralной ЭДС (2 часа).;
11. Рассмотрение научной проблематики в области исследований и разработки гибридных энергоустановок. Проведение их тепловых расчетов.(2 часа).;
12. Термодинамические расчеты электрохимических систем (2 часа).;
13. Конструкторские расчеты высокотемпературных топливных элементов различной формы выбранных на основе анализа мировых и отечественных достижений (2 часа).;
14. Кислородная конверсия метана. Автотермический реформинг (2 часа)..

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные термины, определения и понятия термодинамики электрохимических систем"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Тепломассообменные процессы в электрохимических системах"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Определение влияния тепломассообменных процессов на потребности производства водорода электролизом воды в топливно-энергетических ресурсах"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для установок водородной, электрохимической энергетики"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Знать: | | | | | | |
| ИД-1ПК-3 способы разработки, модернизации, правильной эксплуатации оборудования электрохимических энергоустановок и в водородной энергетике | ИД-1ПК-3 | + | | | | Тестирование/Термодинамика и тепловые эффекты в электрохимических системах |
| ИД-2ПК-4 методы определения потребности электрохимических энергоустановок в топливе, производства электролизного водорода в электроэнергии, обоснования мероприятий по уменьшению расхода топлива в электрохимических энергоустановках и электроэнергии в электролизерах | ИД-2ПК-4 | | | + | | Контрольная работа/Расчет затрат электроэнергии в высокотемпературных электролизерах |
| Уметь: | | | | | | |
| ИД-1ПК-3 определять влияния тепломассообменных процессов на энергоэффективность топливных элементов, химических источников тока и энергосбережение при производстве водорода электролизом воды | ИД-1ПК-3 | | + | | | Контрольная работа/Расчет тепломассообменных процессов в электрохимических системах |
| ИД-2ПК-4 эффективно использовать топливно-энергетические ресурсы в электрохимических энергоустановках и в водородной энергетике | ИД-2ПК-4 | | | | + | Контрольная работа/Расчет потребностей установок водородной, электрохимической энергетике в энергоресурсах |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет затрат электроэнергии в высокотемпературных электролизерах (Контрольная работа)
2. Расчет потребностей установок водородной, электрохимической энергетики в энергоресурсах (Контрольная работа)
3. Расчет тепломассообменных процессов в электрохимических системах (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Термодинамика и тепловые эффекты в электрохимических системах (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Коровин, Н. В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки / Н. В. Коровин. – М. : Изд-во МЭИ, 2005. – 280 с. – ISBN 5-7046-1185-0.;
2. Волощенко, Г. Н. Электролизеры и топливные элементы с твердооксидным электролитом и энергоустановки на их основе : учебное пособие по курсу "Основы инженерного проектирования высокотемпературных электрохимических энергоустановок" по направлению "Теплоэнергетика", специализация "Электрохимическая и водородная энергетика" / Г. Н. Волощенко, Н. В. Коровин, Ю. А. Славнов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М. : Издательский дом МЭИ, 2010. – 44 с. – ISBN 978-5383-00456-2.
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=1486>;
3. Нестеров, Б. П. Системно-термодинамический расчет и анализ технологических схем электрохимических энергоустановок : учебное пособие по курсу "Электрохимические энергоустановки" по специальности "Промышленная теплоэнергетика" / Б. П. Нестеров ; Ред. Н. В. Кулешов ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М. : Издательский дом МЭИ, 2007. – 136 с. – ISBN 978-5-383-00079-3.;
4. Химические источники тока : Справочник / Ред. Н. В. Коровин, А. М. Скундин. – М. : Изд-во МЭИ, 2003. – 740 с. – ISBN 5-7046-0899-Х.;
5. Кулешов, Н. В. Электрохимические технологии в энергетике : учебное пособие по курсам "Водородная и электрохимическая энергетика", "Водородные накопители энергии",

"Энергосбережение в электрохимических технологиях", "Тепломассоперенос в установках водородной и электрохимической энергетики", "Тепловые процессы в электрохимических системах" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" по профилям "Автономные энергетические системы" и "Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика" / Н. В. Кулешов, Ю. А. Славнов, В. Н. Кулешов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ"). – М. : Изд-во МЭИ, 2017. – 119 с. – ISBN 978-5-7046-1868-3.
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=10076>;

6. Кулешов, Н. В. Электрохимическое получение водорода : учебное пособие по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / Н. В. Кулешов, В. Н. Кулешов, Ю. А. Славнов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ"). – М. : Изд-во МЭИ, 2019. – 76 с. – ISBN 978-5-7046-2143-0.
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=10695>;

7. Коровин Н. В., Кулешов Н. В., Гончарук О. Н., Камышова В. К., Ланская И. И., Мясникова Н. В., Осина М. А., Удрис Е. Я., Яштулов Н. А.- "Общая химия. Теория и задачи", (5-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (492 с.)
<https://e.lanbook.com/book/158949>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elibr.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|--------------------------------------|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | А-409, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ" | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | А-409, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ" | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран |

| | | |
|---|---|---|
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | А-409, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ" | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран |
| Помещения для самостоятельной работы | А-413/3, Компьютерный класс каф. "ХиЭЭ" | рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, ноутбук, компьютер персональный |
| Помещения для консультирования | А-409, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ" | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | А-413/9, Методический кабинет каф. "ХиЭЭ" | рабочее место сотрудника, стол, стол письменный, набор инструментов для профилактического обслуживания оборудования, инвентарь учебный |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Тепломассоперенос в установках водородной и электрохимической энергетики

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Термодинамика и тепловые эффекты в электрохимических системах (Тестирование)
- КМ-2 Расчет тепломассообменных процессов в электрохимических системах (Контрольная работа)
- КМ-3 Расчет затрат электроэнергии в высокотемпературных электролизерах (Контрольная работа)
- КМ-4 Расчет потребностей установок водородной, электрохимической энергетики в энергоресурсах (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 15 |
| 1 | Основные термины, определения и понятия термодинамики электрохимических систем | | | | | |
| 1.1 | термодинамика электрохимических систем | | + | | | |
| 2 | Тепломассообменные процессы в электрохимических системах | | | | | |
| 2.1 | Тепломассообменные процессы в электрохимических системах | | | + | | |
| 3 | Определение влияния тепломассообменных процессов на потребности производства водорода электролизом воды в топливно-энергетических ресурсах | | | | | |
| 3.1 | Влияния тепломассообменных процессов на потребности в топливно-энергетических ресурсах | | | | + | |
| 4 | Мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для установок водородной, электрохимической энергетики | | | | | |
| 4.1 | Энерго- и ресурсосбережение для установок водородной, электрохимической энергетики | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 25 | 25 | 25 | 25 |