

**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**  
**ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА**


|  |   |
|--|---|
| <b>Блок:</b>   | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>                                      | <b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b> |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>                                       | <b>Б1.Ч.11.02.02</b>  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>                                     | <b>3 семестр - 4;</b>   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>                                      | <b>144 часа</b>   |
| <b>Лекции</b>  | <b>3 семестр - 16 часов;</b>                                    |
| <b>Практические занятия</b>  | <b>3 семестр - 32 часа;</b>                                     |
| <b>Лабораторные работы</b>   | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Консультации</b>  | <b>3 семестр - 2 часа;</b>                                      |
| <b>Самостоятельная работа</b>  | <b>3 семестр - 93,5 часа;</b>                                   |
| <b>в том числе на КП/КР</b>  | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Иная контактная работа</b>  | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>             |
| <b>включая:</b><br><b>Тестирование</b><br><b>Расчетно-графическая работа</b> |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>   |   |
| <b>Экзамен</b>   | <b>3 семестр - 0,5 часа;</b>                                    |

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

|   |  |                              |
|---|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|   | Владелец   | Смирнов С.Е.                 |
|   | Идентификатор                                      | Rb75d7171-SmirnovSY-bebf2b9b |

(подпись)


С.Е. Смирнов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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


(подпись)

И.И. Ланская

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

Н.В. Кулешов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение научно-технических основ создания химических источников тока и автономных энергетических установок для последующей их разработки, проектирования и эксплуатации

### Задачи дисциплины

- изучение физико-химических основ процессов, протекающих в химических источниках тока и автономных энергетических системах;
- ознакомление с энергосберегающими технологиями, реализуемыми в автономной энергетике;
- ознакомление со способами оптимизации процессов в химических источниках тока;
- изучение физико-химических основ процессов, протекающих в химических источниках тока и автономных энергетических системах;
- овладение методами проведения расчетов, анализа процессов и выбора оптимальных решений;
- приобретение навыков принимать и обосновывать конкретные технические решения по подбору материалов, их синтезу и обработке, а также энергосберегающих технологий создания элементов, узлов и агрегатов автономных энергетических систем.

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-3 <sub>ПК-3</sub> Выполняет сбор, обработку, анализ и обобществление отечественного и международного опыта в области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов | знать:<br>- ИД-3 ПК-3 материалы, применяемые в химических источниках тока, их свойства, классификацию и маркировку.<br><br>уметь:<br>- ИД-3 ПК-3 выбирать новые конструкционные материалы для изготовления основных и вспомогательных элементов химических источников тока для обеспечения их бесперебойной эксплуатации.   |
| 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 | ИД-1 <sub>ПК-4</sub> Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов   | знать:<br>- ИД-1 ПК-4 методы определения потребности химических источников тока в топливе способы уменьшения расхода топлива в установках электрохимической энергетики.<br><br>уметь:<br>- ИД-1 ПК-4 проводить расчеты энергетических параметров химических источников тока, автономных энергетических установок и их элементов проводить разработки по энерго- и ресурсосбережению для химических источников тока, автономных энергетических установок |

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Запланированные результаты обучения  |
|---|---|--|
| в энергоресурсах  |   | и их элементов.  |
| 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 <sub>ПК-4</sub> Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ИД-2 ПК-4 способы уменьшения расхода топлива в установках электрохимической энергетики..</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ИД-2 ПК-4 проводить разработки по энерго- и ресурсосбережению для химических источников тока, автономных энергетических установок и их элементов.</li> </ul> |

## 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 физико.-математический аппарат по дисциплинам химия, физика, теоретическая электрохимия
- уметь самостоятельно работать, принимать решения в рамках своей профессиональной деятельности ; использовать информационные технологии в своей предметной области

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

| № 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     | Термодинамика ХИТ  | 20                    | 3       | 4  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | 10                | -                                 | <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Термодинамика ХИТ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Термодинамика ХИТ"<br><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизадоч по разделу "Термодинамика ХИТ". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 7–20, 32–41<br>[2], стр. 5–27<br>[3], стр. 355-363 |
| 1.1   | Термодинамика ХИТ.   | 11                    |         | 2  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 5                 | -                                 |   |
| 1.2   | Восстановители и окислители. Ионные проводники ХИТ.            | 9                     |         | 2  | -   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 5                                 |   |
| 2     | Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ | 24                    |         | 4  | -   | 8  | -            | - | -   | -  | -  | 12                | -                                 | <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ" подготовка к выполнению заданий на практических   |

|     |   |    |  |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |
|-----|---|----|--|---|---|----|---|---|---|---|---|----|---|---|
| 2.1 | Кинетика электродных процессов.   | 12 |  | 2 | - | 4  | - | - | - | - | - | 6  | - | занятиях<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ"<br><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ".<br>Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр.21-32, 42-46<br>[2], стр. 42-54, 54-87<br>[3], стр. 364-370 |
| 2.2 | Параметры и характеристики ХИТ  | 12 |  | 2 | - | 4  | - | - | - | - | - | 6  | - |   |
| 3   | Первичные ХИТ. Аккумуляторы.  | 32 |  | 4 | - | 10 | - | - | - | - | - | 18 | - | <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Первичные ХИТ. Аккумуляторы." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях   |
| 3.1 | Первичные ХИТ. Резервные ХИТ.   | 15 |  | 2 | - | 4  | - | - | - | - | - | 9  | - |   |
| 3.2 | Основные понятия об аккумуляторах. Аккумуляторы с водными и неводными растворами электролитов | 17 |  | 2 | - | 6  | - | - | - | - | - | 9  | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Первичные ХИТ. Аккумуляторы."<br><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Первичные ХИТ. Аккумуляторы.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:  |

|     |   |        |    |   |    |   |   |   |   |     |    |       |  |
|-----|---|--------|----|---|----|---|---|---|---|-----|----|-------|--|
|     |   |        |    |   |    |   |   |   |   |     |    |       | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 87–189, 199-252, 255-284, 567-594<br>[2], стр.5-27, 208-280<br>[3], стр. 386-398   |
| 4   | Электрохимические конденсаторы.<br>Топливные элементы.  | 32     | 4  | - | 8  | - | - | - | - | -   | 20 | -     | <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Электрохимические конденсаторы. Топливные элементы." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях  |
| 4.1 | Электрохимические конденсаторы  | 16     | 2  | - | 4  | - | - | - | - | -   | 10 | -     | <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Электрохимические конденсаторы. Топливные элементы.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: |
| 4.2 | Топливные элементы. Топливные элементы с щелочными и твердополимерным электролитами. Высокотемпературные топливные элементы. Портативные ХИТ на основе топливных элементов. | 16     | 2  | - | 4  | - | - | - | - | -   | 10 | -     | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 629-664<br>[2], стр. 9-33,106-262  |
|     | Экзамен   | 36.00  | -  | - | -  | - | 2 | - | - | 0.5 | -  | 33.50 |  |
|     | Всего за семестр  | 144.00 | 16 | - | 32 | - | 2 | - | - | 0.5 | 60 | 33.50 |  |
|     | Итого за семестр  | 144.00 | 16 | - | 32 |   | 2 |   | - | 0.5 |    | 93.50 |  |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Термодинамика ХИТ

##### 1.1. Термодинамика ХИТ.

Определение ХИТ. Электродные реакции в ХИТ. Электрохимические системы. Типы ХИТ: первичные и вторичные ХИТ. Топливные элементы. Первый, второй и объединенный законы Фарадея. Электродвижущая сила ( ЭДС ) ХИТ и ее расчет. Зависимость ЭДС от активностей и парциальных давлений реагентов и продуктов токообразующей реакции. Стандартная ЭДС ХИТ. Зависимость ЭДС ХИТ от температуры. Равновесные потенциалы электродов и ЭДС ХИТ. Измерение ЭДС и электродных потенциалов. Электроды сравнения. Термодинамически идеальный КПД ХИТ..

##### 1.2. Восстановители и окислители. Ионные проводники ХИТ.

Требования, предъявляемые к восстановителю ХИТ. Теоретические параметры восстановителей: электродные потенциалы и удельные значения емкостей. Коэффициенты диффузии восстановителей. Основные виды восстановителей ХИТ: водород, цинк, железо, кадмий, магний, алюминий, литий, борогидрид натрия. Органические восстановители: метанол, этанол. Кислород, Свойства. Стехиометрическая реакция восстановления кислорода в различных средах . Образование промежуточных частиц при восстановлении кислорода. Электродные потенциалы кислорода: равновесный и стационарный. Воздух и его состав. Особенности восстановления кислорода воздуха. Твердые оксидные, гидроксидные, сульфидные и сульфоксидные окислители ХИТ. Диоксид серы.. Требования к ионным проводникам ХИТ. Физическая, химическая и электрохимическая устойчивость растворов электролитов. Классификация ионных проводников ХИТ. Зависимость электропроводности ионных проводников от температуры. Уравнение Аррениуса. Водные растворы электролитов. Коэффициенты переноса. Зависимость электропроводности водных растворов электролитов от концентрации и типа ионов.. Особый случай электропроводности растворов электролитов. Требования к неводным растворителям. Свойства неводных растворов электролитов. Требования к неводным растворителям. Выбор растворителей и солей для ионных проводников. Органические и неорганические растворители. Электропроводность неводных растворов электролитов. Расплавленные электролиты и их электропроводность. Бинарные расплавленные электролиты. Матричные. Свойства матричных электролитов. Электропроводность матричных электролитов. Классификация твердых электролитов. Свойства твердых электролитов. Механизм проводимости твердых неорганических электролитов. Влияние температуры и других факторов на проводимость твердых электролитов.. Полимерные электролиты и их классификация. Ионообменные полимерные электролиты, механизм проводимости. Зависимость проводимости от температуры и других факторов. Мембраны типа нафион. Твердые полимерные электролиты- растворители солей. Величины и механизм проводимости..

#### 2. Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ

##### 2.1. Кинетика электродных процессов.

Причины и виды поляризации. Диффузионная поляризация. Коэффициент диффузии, предельный диффузионный ток. Скорость процесса электрохимического разряда. Уравнение скорости процесса. Плотность тока обмена. Уравнение Тафеля. Химическая поляризация . Предельный ток при химической поляризации. Электрокатализ. Нанокатализаторы. Макрокинетика электродных процессов. Пористые электроды и их параметры. Особенности кинетики. Характерная длина процесса. Жидкостный пористый электрод. Гидрофильный и гидрофобный газодиффузионный электрод. Газогенерирующий электрод..



## 2.2. Параметры и характеристики ХИТ

Напряжение ХИТ. Вольтамперная и разрядная кривые. Мощность, Емкость и энергия ХИТ. Нормированный ток. Удельные параметры и эксплуатационные характеристики ХИТ. Удельные энергия и мощность ХИТ., глубина разряда. Саморазряд ХИТ. Сохраняемость и ресурс ХИТ. Тепловые процессы в ХИТ..

## 3. Первичные ХИТ. Аккумуляторы.

### 3.1. Первичные ХИТ. Резервные ХИТ.

Классификация первичных ХИТ. Основные характеристики и параметры . первичных ХИТ. Традиционные первичные ХИТ. Марганцево-цинковые ХИТ с солевым и щелочным электролитом. Серебряно-цинковые и ртутно-цинковые ХИТ. Воздушно-металлические первичные ХИТ. Механизм процессов восстановления кислорода воздуха в ХИТ. Воздушно-цинковые и воздушно-алюминиевые ХИТ. Резервные ХИТ. Водоактивируемые ХИТ. Ампульные ХИТ. Тепловые ХИТ. Анодные компоненты. Катодные компоненты. Электролиты. Механизмы процессов Параметры ХИТ..

### 3.2. Основные понятия об аккумуляторах. Аккумуляторы с водными и неводными растворами электролитов

Классификация. Процессы в аккумуляторах и параметры аккумуляторов. Основные проблемы и достижения. Области применения. Аккумуляторы с водными растворами электролитов. Свинцовые аккумуляторы. Компоненты. Процессы. Типы аккумуляторов. Параметры. Щелочные аккумуляторы. Классификация. Разрядно - зарядные процессы. Параметры. Никель-водородные и никель-металл гидридные аккумуляторы. Аккумуляторы с неводными электролитами.. Интеркаляция. Анодные процессы. Катодные компоненты и процессы. Наноматериалы для аккумуляторов. Литиевые аккумуляторы. Параметры аккумуляторов. Литий- ионные и литий- полимерные аккумуляторы.

## 4. Электрохимические конденсаторы. Топливные элементы.

### 4.1. Электрохимические конденсаторы

Классификация .Типы конденсаторов. Процессы. Компоненты. Параметры. Основные проблемы и достижения. Области применения..

### 4.2. Топливные элементы. Топливные элементы с щелочными и твердополимерным электролитами. Высокотемпературные топливные элементы. Портативные ХИТ на основе топливных элементов.

Классификация. Процессы и параметры. Электрохимические генераторы и энергоустановки. Области применения. Топливные элементы с щелочными и твердополимерным электролитами. Процессы и виды топливных элементов. Топливные элементы первого поколения. Топливные элементы космического назначения. Электрохимические энергоустановки (ЭЭУ). Полимерные электролиты для ТЭ. Основные компоненты. Параметры ТЭ и ЭЭУ. Топливные элементы с фосфорнокислым электролитом. Основные понятия и процессы. Электроды, электролит. Параметры ТЭ. Электрохимические энергоустановки и их параметры. Высокотемпературные топливные элементы. Топливные элементы с расплавленным электролитом. Процессы в ТЭ. Топливные элементы. ЭЭУ и их параметры. Топливные элементы с твердооксидным электролитом. Процессы в ТЭ. Типы ТЭ. Параметры ТЭ и ЭЭУ. Гибридные ЭЭУ.. Портативные ХИТ на основе топливных элементов. Метанольные топливные элементы. Процессы в ТЭ. Проблемы ТЭ. Типы и параметры ТЭ. Особенности и типы ПИТТЭ. Восстановители для ПИТТЭ. Параметры

ПИТТЭ.Перспективы применения ЭЭУ на основе ТЭ. Сравнение параметров ЭЭУ с параметрами других энергоустановок. Стационарные ЭЭУ. Транспортные ЭЭУ..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Расчет термодинамических параметров ХИТ (6 час);
2. Расчет кинетических параметров электродов (4 час);
3. Расчет параметров первичных элементов (4 час);
4. Расчет параметров аккумуляторов (4 час);
5. Расчет параметров топливных элементов (6 час);
6. Расчет параметров конденсаторов (2 час);
7. Расчет параметров энергоустановок (6 час).

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Термодинамика ХИТ"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Первичные ХИТ. Аккумуляторы."
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электрохимические конденсаторы. Топливные элементы."

### **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<br>(в соответствии с разделом 1)  | Коды<br>индикаторов | Номер раздела<br>дисциплины (в<br>соответствии с<br>п.3.1) |   |   |   | Оценочное средство<br>(тип и наименование)                  |
|---|---------------------|--|---|---|---|---|
|   |                     | 1  | 2 | 3 | 4 |   |
| <b>Знать:</b>   |                     |  |   |   |   |   |
| ИД-3 ПК-3 материалы, применяемые в химических источниках тока, их свойства, классификацию и маркировку  | ИД-3ПК-3            | +  |   |   |   | Тестирование/Равновесные потенциалы электродов              |
| ИД-1 ПК-4 методы определения потребности химических источников тока в топливе способы уменьшения расхода топлива в установках электрохимической энергетики  | ИД-1ПК-4            |  |   | + |   | Тестирование/Химические источники тока                      |
| ИД-2 ПК-4 способы уменьшения расхода топлива в установках электрохимической энергетики.   | ИД-2ПК-4            |  | + |   |   | Тестирование/Поляризация электродов. Поляризационные кривые |
| <b>Уметь:</b>   |                     |  |   |   |   |   |
| ИД-3 ПК-3 выбирать новые конструкционные материалы для изготовления основных и вспомогательных элементов химических источников тока для обеспечения их бесперебойной эксплуатации   | ИД-3ПК-3            |  |   | + |   | Тестирование/Химические источники тока                      |
| ИД-1 ПК-4 проводить расчеты энергетических параметров химических источников тока, автономных энергетических установок и их элементов проводить разработки по энерго- и ресурсосбережению для химических источников тока, автономных энергетических установок и их элементов | ИД-1ПК-4            |  |   |   | + | Расчетно-графическая работа/Защита расчетных заданий        |
| ИД-2 ПК-4 проводить разработки по энерго- и ресурсосбережению для химических источников тока, автономных энергетических установок и их элементов  | ИД-2ПК-4            |  | + |   |   | Тестирование/Поляризация электродов. Поляризационные кривые |

## **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. Защита расчетных заданий (Расчетно-графическая работа)
2. Поляризация электродов. Поляризационные кривые (Тестирование)
3. Равновесные потенциалы электродов (Тестирование)
4. Химические источники тока (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. Химические источники тока : Справочник / Ред. Н. В. Коровин, А. М. Скундин . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 740 с. - ISBN 5-7046-0899-X .;
2. Коровин, Н. В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки / Н. В. Коровин . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 280 с. - ISBN 5-7046-1185-0 .;
3. 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. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

### **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](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://elib.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>
12. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

#### **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---------------|-------------------------------|-----------|
|               | отсутствует                   |           |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Химические источники тока

(название дисциплины)

## 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Равновесные потенциалы электродов (Тестирование)  
 КМ-2 Поляризация электродов. Поляризационные кривые (Тестирование)  
 КМ-3 Химические источники тока (Тестирование)  
 КМ-4 Защита расчетных заданий (Расчетно-графическая 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             | Термодинамика ХИТ   |            |      |      |      |      |
| 1.1           | Термодинамика ХИТ.  |            | +    |      |      |      |
| 1.2           | Восстановители и окислители. Ионные проводники ХИТ.   |            | +    |      |      |      |
| 2             | Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ  |            |      |      |      |      |
| 2.1           | Кинетика электродных процессов.   |            |      | +    |      |      |
| 2.2           | Параметры и характеристики ХИТ  |            |      | +    |      |      |
| 3             | Первичные ХИТ. Аккумуляторы.  |            |      |      |      |      |
| 3.1           | Первичные ХИТ. Резервные ХИТ.   |            |      |      | +    |      |
| 3.2           | Основные понятия об аккумуляторах. Аккумуляторы с водными и неводными растворами электролитов   |            |      |      | +    |      |
| 4             | Электрохимические конденсаторы. Топливные элементы.   |            |      |      |      |      |
| 4.1           | Электрохимические конденсаторы  |            |      |      |      | +    |
| 4.2           | Топливные элементы. Топливные элементы с щелочными и твердополимерным электролитами. Высокотемпературные топливные элементы. Портативные ХИТ на основе топливных элементов. |            |      |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |   |            | 15   | 15   | 35   | 35   |