

**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**  
**СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОХИМИИ**

<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.10.02.01</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> <b>Контрольная работа</b> <b>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>3 семестр - 0,50 часа;</b>

**Москва 2022**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скундин А.М.
	Идентификатор	R7bf1ad93-SkundinAM-18341b90

(подпись)

А.М. Скундин

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	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)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	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 основных понятий и законов электрохимии, в частности, вопросов электрохимии, составляющих базу теоретических основ химических источников тока

### Задачи дисциплины

- ознакомление с основными понятиями и законами современной теоретической электрохимии;
- овладение основами расчетов по основным закономерностям электрохимии;
- овладение принципами экспериментов по исследованию электролитов.

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-3ПК-3 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: - ИД-3ПК-3 принципы работы электрохимических реакторов, аккумуляторов, первичных элементов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок.  уметь: - ИД-3ПК-3 самостоятельно разбираться в методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи собирать и анализировать исходные данные для расчёта химического источника тока с использованием современных методов поиска и обработки информации.
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-1ПК-4 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	знать: - ИД-1ПК-4 методы определения потребности электрохимических энергоустановок в топливе, обоснование мероприятий по уменьшению расхода топлива в установках электрохимической энергетики.  уметь: - ИД-1ПК-4 разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок электрохимической энергетики и их элементов.

## 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 «Физика», «Химия», «Математика», «Физическая химия». «Теоретическая электрохимия», «Теоретические основы химических источников тока», «Энергосберегающая автономная энергетика»
- 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	Особенности электрохимических процессов в химических источниках тока	8	3	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Особенности электрохимических процессов в химических источниках тока" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Особенности электрохимических процессов в химических источниках тока"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 7-21 [3], стр. 336-370</p>	
1.1	Особенности электрохимических процессов в химических источниках тока	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-		
2	Электролиты в химических источниках тока (водные растворы; особенности неводных, расплавленных и твердых электролитов, полимерные электролиты)	36		6	-	12	-	-	-	-	-	-	18		-
2.1	Электролиты в химических	12		2	-	4	-	-	-	-	-	-	6		-



													<p><b><u>теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Соединения внедрения и интеркаляционные системы"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Соединения внедрения и интеркаляционные системы". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: Расчет ширины электрохимического окна стабильности. Расчет э.д.с. по термодинамическим данным.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 47-55</p>
4	Особенности электрохимической кинетики в химических источниках тока (диффузионная кинетика, лектродатализ в химических источниках тока). Основы электрохимической кинетики.	50	6	-	12	-	-	-	-	-	32	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Особенности электрохимической кинетики в химических источниках тока (диффузионная кинетика, лектродатализ в химических источниках тока). Основы электрохимической кинетики. и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Особенности электрохимической кинетики в химических источниках тока (диффузионная кинетика, лектродатализ в химических источниках тока). Основы электрохимической кинетики." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу</p>
4.1	Особенности электрохимической кинетики в химических источниках тока	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	
4.2	Диффузионная кинетика	18	2	-	4	-	-	-	-	-	12	-	

4.3	Электрокатализ в химических источниках тока	16		2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	"Особенности электрохимической кинетики в химических источниках тока (диффузионная кинетика, электрокатализ в химических источниках тока). Основы электрохимической кинетики." <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Особенности электрохимической кинетики в химических источниках тока (диффузионная кинетика, электрокатализ в химических источниках тока). Основы электрохимической кинетики.". 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> [1], стр. 42-47 [2], стр. 471-572
	Экзамен	36.00		-	-	-	-	2	-	-	0.50	-	33.50	
	Всего за семестр	144.00		16	-	32	-	2	-	-	0.50	60	33.50	
	Итого за семестр	144.00		16	-	32	2	-	-	0.50		93.50		

**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. Особенности электрохимических процессов в химических источниках тока

##### 1.1. Особенности электрохимических процессов в химических источниках тока

Токообразующие и побочные реакции в химических источниках тока. Связь природы электрохимической системы с характеристиками химического источника тока. Сходство и различие процессов в химических источниках тока и электролизерах..

#### 2. Электролиты в химических источниках тока (водные растворы; особенности неводных, расплавленных и твёрдых электролитов, полимерные электролиты)

##### 2.1. Электролиты в химических источниках тока

Общие свойства электролитов. Классификация электролитов. Отличия физических свойств растворов от свойств растворителей. Особенности растворов-электролитов..

##### 2.2. Особенности неводных, расплавленных и твёрдых электролитов

Требования к неводным электролитам в химических источниках тока. Основные типы неводных электролитов. Отличие неводных электролитов от водных растворов. Химические источники тока с расплавленными и твёрдыми электролитами. Механизм проводимости расплавленных и твёрдых электролитов..

##### 2.3. Полимерные электролиты в химических источниках тока

Полимерные электролиты в топливных элементах и литиевых аккумуляторах. Классификация полимерных электролитов. Механизм проводимости полимерных электролитов. Проблемы стабильности полимерных электролитов..

#### 3. Соединения внедрения и интеркаляционные системы

##### 3.1. Соединения внедрения и интеркаляционные системы

Примеры соединений внедрения в электродах химических источников тока. Внедрение протонов и ионов лития. Особенности внедрения в положительные и отрицательные электроды..

#### 4. Особенности электрохимической кинетики в химических источниках тока (диффузионная кинетика, электрокатализ в химических источниках тока). Основы электрохимической кинетики.

##### 4.1. Особенности электрохимической кинетики в химических источниках тока

Сходство и различие химических и электрохимических процессов. Общие кинетические закономерности. Закон действующих масс. Уравнение Аррениуса. Стадийность электрохимических процессов. Стадия переноса заряда. Теория Батлера-Фольмера..

##### 4.2. Диффузионная кинетика

Вывод уравнения для концентрационной поляризации. Стационарная диффузия в химических источниках тока. Особенности диффузии в пористых электродах. Особенности газодиффузионных электродов.

##### 4.3. Электрокатализ в химических источниках тока

Особенности электрокаталитических явлений.. Методы исследования кинетики электродных процессов в химических источниках тока. Различные аспекты электрокатализа.

Влияние различных факторов на электрокаталитическую активность. Механизм элементарного акта. Примеры электрокаталитических процессов в топливных элементах, аккумуляторах и первичных источниках тока.

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

1. Расчет необходимого количества активных материалов источников тока разных электрохимических систем. ( 2 час);
2. Расчет коэффициентов активности электролитов. ( 2 час);
3. Расчет ширины электрохимического окна стабильности. ( 4 час);
4. Расчёт э.д.с. по термодинамическим данным. ( 4 час);
5. Расчет коэффициентов диффузии по потенциодинамическим данным. ( 4 час);
6. Расчет порядков электродных реакций. ( 4 час);
7. Расчет эффективности катализаторов. ( 4 час);
8. Расчет степеней заполнения адсорбированными частицами. ( 4 час);
9. Расчёт кинетических данных по годографу электрохимического импеданса. ( 4 час).

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Особенности электрохимических процессов в химических источниках тока"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электролиты в химических источниках тока (водные растворы; особенности неводных, расплавленных и твёрдых электролитов, полимерные электролиты)"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Соединения внедрения и интеркаляционные системы"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Особенности электрохимической кинетики в химических источниках тока (диффузионная кинетика, электрокатализ в химических источниках тока). Основы электрохимической кинетики."

### **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	
<b>Знать:</b>						
ИД-3ПК-3 принципы работы электрохимических реакторов, аккумуляторов, первичных элементов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок	ИД-3ПК-3	+				Контрольная работа/«Электрохимическая терминология»
ИД-1ПК-4 методы определения потребности электрохимических энергоустановок в топливе, обоснование мероприятий по уменьшению расхода топлива в установках электрохимической энергетики	ИД-1ПК-4			+		Расчетно-графическая работа/Расчет основных конструктивных параметров, коэффициентов использования активных веществ, удельных емкостных и энергетических характеристик литий-тионилхлоридных элементов разных типоразмеров
<b>Уметь:</b>						
ИД-3ПК-3 самостоятельно разбираться в методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи собирать и анализировать исходные данные для расчёта химического источника тока с использованием современных методов поиска и обработки информации	ИД-3ПК-3		+			Контрольная работа/«Задачи на законы Фарадея»
ИД-1ПК-4 разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок электрохимической энергетики и их элементов	ИД-1ПК-4				+	Контрольная работа/«Принципы работы электрохимических устройств»

## **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. «Задачи на законы Фарадея» (Контрольная работа)
2. «Принципы работы электрохимических устройств» (Контрольная работа)
3. «Электрохимическая терминология» (Контрольная работа)
4. Расчёт основных конструктивных параметров, коэффициентов использования активных веществ, удельных емкостных и энергетических характеристик литий-тионилхлоридных элементов разных типоразмеров (Расчетно-графическая работа)

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. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия : учебное пособие по направлению "Химия" / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина . – 3-е изд., испр . – СПб. : Лань-Пресс, 2015 . – 672 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-1878-7 .;
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. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. 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>

## 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-013/2, Склад "ОГМ"	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Специальные вопросы электрохимии

(название дисциплины)

## 3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 «Электрохимическая терминология» (Контрольная работа)  
 КМ-2 «Задачи на законы Фарадея» (Контрольная работа)  
 КМ-3 Расчёт основных конструктивных параметров, коэффициентов использования активных веществ, удельных емкостных и энергетических характеристик литий-тионилхлоридных элементов разных типоразмеров (Расчетно-графическая работа)  
 КМ-4 «Принципы работы электрохимических устройств» (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	16
1	Особенности электрохимических процессов в химических источниках тока					
1.1	Особенности электрохимических процессов в химических источниках тока		+			
2	Электролиты в химических источниках тока (водные растворы; особенности неводных, расплавленных и твёрдых электролитов, полимерные электролиты)					
2.1	Электролиты в химических источниках тока			+		
2.2	Особенности неводных, расплавленных и твёрдых электролитов			+		
2.3	Полимерные электролиты в химических источниках тока			+		
3	Соединения внедрения и интеркаляционные системы					
3.1	Соединения внедрения и интеркаляционные системы				+	
4	Особенности электрохимической кинетики в химических источниках тока (диффузионная кинетика, лектрокатализ в химических источниках тока). Основы электрохимической кинетики.					
4.1	Особенности электрохимической кинетики в химических источниках тока					+
4.2	Диффузионная кинетика					+
4.3	Электрокатализ в химических источниках тока					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

