

**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
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ
ТОКА**

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.09
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 - 0,5 часа;

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кулова Т.Л.
	Идентификатор	R9a146ccd-KulovaTL-d8f2d661

(подпись)

Т.Л. Кулова

(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 основ технологии производства химических источников тока

Задачи дисциплины

- освоение основных технологических приемов производства химических источников тока;
- приобретение навыков расчета и конструирования химических источников, формулирования выводов из расчетных и экспериментальных работ, относящихся к электрохимии.

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-2 _{ПК-3} Выполняет маркетинговые исследования научно-технической информации в области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	знать: - ИД-2 _{ПК-3} принципы работы и конструктивные особенности аккумуляторов, первичных элементов и конденсаторов. уметь: - ИД-2 _{ПК-3} рассчитывать удельные характеристики химических источников тока, бесперебойные режимы их работы применять результаты для решения поставленной задачи анализировать научную проблематику в области исследований и разработки первичных и вторичных химических источников тока.
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 _{ПК-3} Выполняет сбор, обработку, анализ и обобщение отечественного и международного опыта в области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	знать: - ИД-3 _{ПК-3} основные задачи проектирования автономных энергетических систем. уметь: - ИД-3 _{ПК-3} пользоваться электронными базами научных журналов и патентов, анализировать статьи и патенты по тематике, относящейся к электрохимической энергетике.
ПК-4 Способен к определению потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету	ИД-1 _{ПК-4} Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	знать: - ИД-1 _{ПК-4} терминологию в области электрохимии; методы определения потребности производства в химических источниках тока, методы расчета мероприятий по экономии энергоресурсов. уметь:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
потребностей производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов в энергоресурсах		- ИД-1ПК-4 собирать и анализировать исходные данные для расчёта химических источников тока с использованием современных методов поиска и обработки информации применять современные методы исследования для химических источников тока, оценивать и представлять результаты выполненной работы.

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 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 понятия и определения. Материалы в химических источниках тока (ХИТ). Основные принципы конструирования ХИТ	36	3	8	-	8	-	-	-	-	-	20	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основные понятия и определения. Материалы в химических источниках тока (ХИТ). Основные принципы конструирования ХИТ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные понятия и определения. Материалы в химических источниках тока (ХИТ). Основные принципы конструирования ХИТ"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 336-364 [2], 9 – 65</p>
1.1	Материалы в химических источниках тока (ХИТ). Основные принципы конструирования ХИТ	36		8	-	8	-	-	-	-	-	20	-	
2	Методы исследования ХИТ и материалов. Источники тока системы диоксид марганца-цинк с соевым или щелочным электролитом. Ртутно-цинковые и серебряно-цинковые	36		8	-	8	-	-	-	-	-	20	-	

	ионные аккумуляторы. Резервные химические источники тока. Электрохимические конденсаторы. Суперконденсаторы с неводными электролитами												аккумуляторы. Литий-ионные аккумуляторы. Резервные химические источники тока. Электрохимические конденсаторы. Суперконденсаторы с неводными электролитами и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Литиевые аккумуляторы. Литий-ионные аккумуляторы. Резервные химические источники тока. Электрохимические конденсаторы. Суперконденсаторы с неводными электролитами" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Литиевые аккумуляторы. Литий-ионные аккумуляторы. Резервные химические источники тока. Электрохимические конденсаторы. Суперконденсаторы с неводными электролитами" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 201–206, 567 – 664
4.1	Литиевые аккумуляторы. Литий-ионные аккумуляторы. Резервные химические источники тока. Электрохимические конденсаторы. Суперконденсаторы с неводными электролитами	36	8	-	8	-	-	-	-	-	20	-	
	Экзамен	36.00	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.50	
	Всего за семестр	180.00	32	-	32	-	2	-	-	0.5	80	33.50	
	Итого за семестр	180.00	32	-	32	2	-	-	-	0.5	113.50		

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. Основные понятия и определения. Материалы в химических источниках тока (ХИТ). Основные принципы конструирования ХИТ

1.1. Материалы в химических источниках тока (ХИТ). Основные принципы конструирования ХИТ

Конструкции химических источников тока (ХИТ). Реагенты. Электроды. Параметры и характеристики ХИТ. Режимы заряда. Конструкционные материалы. Вспомогательные материалы. Активные материалы. Требования к активным материалам. Типоразмеры ХИТ. Герметизация ХИТ. Особенности конструкции батарей. Уход за аккумуляторами.

2. Методы исследования ХИТ и материалов. Источники тока системы диоксид марганца-цинк с соевым или щелочным электролитом. Ртутно-цинковые и серебряно-цинковые элементы.

2.1. Методы исследования ХИТ и материалов. Источники тока системы диоксид марганца-цинк с соевым или щелочным электролитом. Ртутно-цинковые и серебряно-цинковые элементы.

Методы исследования ХИТ и материалов. Физико-химические исследования материалов ХИТ. Электрохимические исследования материалов ХИТ. Электрохимические исследования ХИТ. Введение. Электрохимическая система. Токообразующая реакция. Конструкция ХИТ. Разрядная кривая ХИТ. Характеристики ХИТ (напряжение, емкость), применения ХИТ.

3. Свинцовые (кислотные) аккумуляторы. Никель-кадмиевые и никель-железные аккумуляторы. Никель-водородные и никель-металлгидридные аккумуляторы.

3.1. Свинцовые аккумуляторы. Никель-железные и никель-кадмиевые аккумуляторы. Никель-водородные и никель-металлгидридные аккумуляторы

Общие сведения. Положительный электрод. Отрицательный электрод. Электролит. Сепараторы. Технология изготовления. Оксидно-никелевые электроды. Положительный электрод. Отрицательный электрод. Электролит. Сепараторы. Технология изготовления. Токообразующие реакции. Электроды. Конструкция аккумуляторов. Характеристики аккумуляторов. Аварийные ситуации при эксплуатации. Способы заряда.

4. Литиевые аккумуляторы. Литий-ионные аккумуляторы. Резервные химические источники тока. Электрохимические конденсаторы. Суперконденсаторы с неводными электролитами

4.1. Литиевые аккумуляторы. Литий-ионные аккумуляторы. Резервные химические источники тока. Электрохимические конденсаторы. Суперконденсаторы с неводными электролитами

Характеристики литиевых аккумуляторов. Принцип работы. Материалы положительного электрода. Проблемы отрицательного электрода (дендритообразование). Интеркаляция лития в материал положительного электрода. Материалы для отрицательных электродов. Обратимая и необратимая емкость. SEI. Зарядно-разрядные кривые. Новые анодные материалы. Материалы для положительных электродов. Дегградация катодов. Зарядно-разрядные кривые. Новые катодные материалы. Классификация резервных ХИТ. Электрические системы. Компоненты. Сплавы лития с алюминием. Катодные материалы. Способы активации ХИТ. Классификация конденсаторов. Электролитические конденсаторы. Конструкция. Двойнослойные конденсаторы. Конструкция. Характеристики. Суперконденсаторы на основе псевдоемкости. Гибридные конденсаторы. Конструкция.

Характеристики. Применение. Мировой рынок суперконденсаторов. Электродный материал суперконденсатора. Ламинированная конструкция суперконденсаторов..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет характеристик элемента Лекланше и литий-тионилхлоридного источника тока. Расчет коэффициента диффузии лития и натрия в твердой фазе (8 час).;
2. Конструктивный расчет дискового литий-ионного аккумулятора. Расчет характеристик свинцового аккумулятора (8 час);
3. Расчет теоретической емкости активных материалов литий-ионного аккумулятора. Расчет батареи аккумуляторов для электромобиля (8 час).;
4. Расчет толщины твердоэлектролитной пленки на электродных материалах. Конструктивный расчет кадмий-никелевого аккумулятора типа КН-50 (8 час)..

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные понятия и определения. Материалы в химических источниках тока (ХИТ). Основные принципы конструирования ХИТ"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы исследования ХИТ и материалов. Источники тока системы диоксид марганца-цинк с солевым или щелочным электролитом. Ртутно-цинковые и серебряно-цинковые элементы."
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Свинцовые (кислотные) аккумуляторы. Никель-кадмиевые и никель-железные аккумуляторы. Никель-водородные и никель-металлгидридные аккумуляторы."
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Литиевые аккумуляторы. Литий-ионные аккумуляторы. Резервные химические источники тока. Электрохимические конденсаторы. Суперконденсаторы с неводными электролитами"

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-2ПК-3 принципы работы и конструктивные особенности аккумуляторов, первичных элементов и конденсаторов	ИД-2ПК-3	+				Тестирование/Электрохимическая терминология и принципы конструирования ХИТ
ИД-3ПК-3 основные задачи проектирования автономных энергетических систем	ИД-3ПК-3	+				Тестирование/Электрохимическая терминология и принципы конструирования ХИТ
ИД-1ПК-4 терминологию в области электрохимии; методы определения потребности производства в химических источниках тока, методы расчета мероприятий по экономии энергоресурсов	ИД-1ПК-4		+			Контрольная работа/Типы химических источников тока
Уметь:						
ИД-2ПК-3 рассчитывать удельные характеристики химических источников тока, бесперебойные режимы их работы применять результаты для решения поставленной задачи анализировать научную проблематику в области исследований и разработки первичных и вторичных химических источников тока	ИД-2ПК-3			+		Тестирование/Свинцовые (кислотные), никель-водородные и никель-металлгидридные аккумуляторы
ИД-3ПК-3 пользоваться электронными базами научных журналов и патентов, анализировать статьи и патенты по тематике, относящейся к электрохимической энергетике	ИД-3ПК-3	+				Тестирование/Электрохимическая терминология и принципы конструирования ХИТ
ИД-1ПК-4 собирать и анализировать исходные данные для расчёта химических источников тока с использованием современных методов поиска и обработки информации применять современные методы исследования для химических источников тока, оценивать и представлять	ИД-1ПК-4				+	Контрольная работа/Расчет батареи литий-ионного аккумулятора

результаты выполненной работы						
-------------------------------	--	--	--	--	--	--

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 батареи литий-ионного аккумулятора (Контрольная работа)
2. Свинцовые (кислотные), никель-водородные и никель-металлгидридные аккумуляторы (Тестирование)
3. Типы химических источников тока (Контрольная работа)
4. Электрохимическая терминология и принципы конструирования ХИТ (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., 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>;
2. Химические источники тока : Справочник / Ред. Н. В. Коровин, А. М. Скундин . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 740 с. - ISBN 5-7046-0899-X ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. MathCad;
4. Майнд Видеоконференции;
5. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

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. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

5. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. 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

Технология производства химических источников тока

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Электрохимическая терминология и принципы конструирования ХИТ (Тестирование)
 КМ-2 Типы химических источников тока (Контрольная работа)
 КМ-3 Свинцовые (кислотные), никель-водородные и никель-металлгидридные аккумуляторы (Тестирование)
 КМ-4 Расчет батареи литий-ионного аккумулятора (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	Основные понятия и определения. Материалы в химических источниках тока (ХИТ). Основные принципы конструирования ХИТ					
1.1	Материалы в химических источниках тока (ХИТ). Основные принципы конструирования ХИТ		+			
2	Методы исследования ХИТ и материалов. Источники тока системы диоксид марганца-цинк с соевым или щелочным электролитом. Ртутно-цинковые и серебряно-цинковые элементы.					
2.1	Методы исследования ХИТ и материалов. Источники тока системы диоксид марганца-цинк с соевым или щелочным электролитом. Ртутно-цинковые и серебряно-цинковые элементы.			+		
3	Свинцовые (кислотные) аккумуляторы. Никель-кадмиевые и никель-железные аккумуляторы. Никель-водородные и никель-металлгидридные аккумуляторы.					
3.1	Свинцовые аккумуляторы. Никель-железные и никель-кадмиевые аккумуляторы. Никель-водородные и никель-металлгидридные аккумуляторы				+	
4	Литиевые аккумуляторы. Литий-ионные аккумуляторы. Резервные химические источники тока. Электрохимические конденсаторы. Суперконденсаторы с неводными электролитами					
4.1	Литиевые аккумуляторы. Литий-ионные аккумуляторы. Резервные химические источники тока. Электрохимические конденсаторы. Суперконденсаторы с неводными электролитами					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25