

**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

**Оценочные материалы
по дисциплине
Химические источники тока**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

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)

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. 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 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

2. 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-1 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

ИД-2 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

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)

БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3	КМ- 4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Термодинамика ХИТ					
Термодинамика ХИТ.		+			

Восстановители и окислители. Ионные проводники ХИТ.	+			
Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ				
Кинетика электродных процессов.		+		
Параметры и характеристики ХИТ		+		
Первичные ХИТ. Аккумуляторы.				
Первичные ХИТ. Резервные ХИТ.			+	
Основные понятия об аккумуляторах. Аккумуляторы с водными и неводными растворами электролитов			+	
Электрохимические конденсаторы. Топливные элементы.				
Электрохимические конденсаторы				+
Топливные элементы. Топливные элементы с щелочными и твердополимерным электролитами. Высокотемпературные топливные элементы. Портативные ХИТ на основе топливных элементов.				+
Вес КМ:	15	15	35	35

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-3	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-3 ПК-3 материалы, применяемые в химических источников тока, их свойства, классификацию и маркировку Уметь: ИД-3 ПК-3 выбирать новые конструкционные материалы для изготовления основных и вспомогательных элементов химических источников тока для обеспечения их бесперебойной эксплуатации	Равновесные потенциалы электродов (Тестирование) Химические источники тока (Тестирование)
ПК-4	ИД-1ПК-4 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению автономных энергетических систем, установок водородной,	Знать: ИД-1 ПК-4 методы определения потребности химических источников тока в топливе способы уменьшения расхода топлива в установках	Химические источники тока (Тестирование) Защита расчетных заданий (Расчетно-графическая работа)

	электрохимической энергетики и их элементов	электрохимической энергетики Уметь: 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	
ПК-4	ИД-2 _{ПК-4} Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	Знать: ИД-2 ПК-4 способы уменьшения расхода топлива в установках электрохимической энергетики. Уметь: ИД-2 ПК-4 проводить разработки по энерго- и ресурсосбережению для химических источников тока, автономных энергетических установок и их элементов	Поляризация электродов. Поляризационные кривые (Тестирование)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Равновесные потенциалы электродов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по вариантам теста на практическом занятии

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний по расчетам равновесных потенциалов электродов

Контрольные вопросы/задания:

Знать: ИД-3 ПК-3 материалы, применяемые в химических источниках тока, их свойства, классификацию и маркировку	1. Какие факторы влияют на потенциал гальванического электрода 1) активность ионов металла 2) атмосферное давление 3) напряжение в сети Ответ 1 2. Равновесный потенциал медного электрода при 298 К в растворе для меднения (0,01M CuSO₄, 0,01 M H₂SO₄) равен ($E^0_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = 0,337 \text{ В}$) 1) 0,366 В 2) 0,337 В 3) 0,386 В 4) 0,266 В Ответ 4 3. Равновесный потенциал цинкового электрода при 298 К в растворе для цинкования (0,05M ZnSO₄, 0,01 M Na₂SO₄,) равен ($E^0_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = - 0,763 \text{ В}$) 1) - 0,817 В 2) - 0,927 В 3) 0,817 В 4) 0,927 В Ответ 1 4. pH раствора электролита, в котором равновесный потенциал водородного электрода $E_{\text{H}^+/\text{H}_2} = - 0,145 \text{ В}$ при 298 К, равен ($E^0_{\text{H}^+/\text{H}_2} = 0,0 \text{ В}$; $\gamma_{\text{H}^+} = 0,975$) 1) 8,46 2) 5,55 3) 2,46 4) 6,46 Ответ 3
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-2. Поляризация электродов. Поляризационные кривые

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по вариантам теста на практическом занятии

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний по расчету поляризации электродов

Контрольные вопросы/задания:

Знать: ИД-2 ПК-4 способы уменьшения расхода топлива в установках электрохимической энергетики.	1. В ходе работы гальванического элемента в результате поляризации потенциал анода становится 1) менее положительным 2) менее отрицательным 3) более отрицательным 4) не изменяется Ответ 2 2. В ходе электролиза воды в результате поляризации электрода потенциал выделения водорода становится 1) более положительным 2) менее отрицательным 3) более отрицательным 4) не изменяется Ответ 3 3. Электрохимическая поляризация процесса выделения водорода на катоде электролизера будет минимальной на электроде из 1) Pb 2) Ni 3) Pt 4) Sn Ответ 3
Уметь: ИД-2 ПК-4 проводить разработки по энерго- и	1. Концентрационная поляризация процесса выделения свинца (Pb) из раствора, содержащего

ресурсосбережению для химических источников тока, автономных энергетических установок и их элементов	2,07 г/л Pb^{2+}, при коэффициенте диффузии ионов Pb^{2+} 10^{-9} м²/с и толщине диффузионного слоя $\delta=10^{-4}$ м на катоде электролизера при 298 К и плотности тока 9 А/м², составит 1) 0,028 В ; 2) 0,56 В; 3) 0,056 В; 4) 0,28 В. Ответ 1 2.Ток, идущий на выделение водорода на платиновом электроде площадью 1 м² из щелочного раствора при поляризации электрода 0,5 В, составит (Константы уравнения Тафеля $a=0,31$; $b=0,10$). 1) 10 кА; 2) 100 А; 3) 5 кА; 4) 50 кА. Ответ 1 3.Ток, расходуемый на выделение водорода на никелевом электроде площадью 1 м² из щелочного раствора при электрохимической поляризации электрода 0,45 В, составит (константы уравнения Тафеля $a=0,65$; $b=0,10$). 1) 10 А; 2) 100 А; 3) 5 А; 4) 50 А. Ответ 2
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-3. Химические источники тока

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 35

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по вариантам теста на практическом занятии

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области химических источников тока

Контрольные вопросы/задания:

Знать: ИД-1 ПК-4 методы определения потребности химических источников тока в топливе способы уменьшения расхода топлива в установках электрохимической энергетики	1.Какими способами нельзя ускорить электродные реакции в топливных элементах. 1) изменение давления входящих газов 2) применение катализатора 3) увеличение активной площади поверхности 4) подключение внешнего источника тока Ответ 4 2.Какие факторы определяют напряжение аккумулятора при разряде и заряде 1) температура 2) количество электролита 3) давление в системе Ответ 1
Уметь: ИД-3 ПК-3 выбирать новые конструкционные материалы для изготовления основных и вспомогательных элементов химических источников тока для обеспечения их бесперебойной эксплуатации	1.Теоретически возможное количество электричества, которое можно получить в никель-железном аккумуляторе при стандартном состоянии (с.с.) и 298 К при ЭДС 1,48 В, составит 1)10 F 2) 1 F 3) 2 F 4) 5 F Ответ 3 2.Теоретически возможная энергия, которую можно получить в никель-железном аккумуляторе при с.с. и 298 К при ЭДС 1,48 В, составит 1) 285,6 кДж 2) 28,5 кДж 3) 56,2 кДж 4) 562,2 кДж Ответ 1

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-4. Защита расчетных заданий

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 35

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по вариантам билетов на практическом занятии

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области теоретической электрохимии и химических источников тока

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: 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	1. Расчет стандартной ЭДС и потенциалов электродов 2. Расчет теоретического КПД элемента 3. Расчет теоретического значения удельной мощности топливного элемента 4. Расчет теоретического значения удельной энергии первичного элемента 5. Расчет теоретического значения удельных энергетических параметров аккумулятора
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Основные понятия о топливных элементах. Электрохимические генераторы и энергоустановки
2. Электрохимические конденсаторы
3. Рассчитать удельную энергию аккумулятора для электромобиля.

Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-Зпк-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

Вопросы, задания

1. Электрохимические конденсаторы
2. Литиевые аккумуляторы
3. Стационарные аккумуляторы и батареи

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Электрохимическая поляризация процесса выделения водорода на катоде электролизера будет минимальной на электроде из

Ответы:

- 1) Pb
- 2) Ni
- 3) Pt
- 4) Sn

Верный ответ: 3) Pt

2. Компетенция/Индикатор: ИД-1пк-4 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

Вопросы, задания

1. Рассчитать удельную энергию аккумулятора для электромобиля
2. Рассчитать удельную энергию конденсатора для электрокары
3. Рассчитать удельную емкость литий-металл фосфатного катода

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Концентрационная поляризация процесса выделения свинца (Pb) из раствора, содержащего 2,07 г/л Pb²⁺ ,

при коэффициенте диффузии ионов Pb^{2+}

$D = 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$ и толщине диффузионного слоя $\delta = 10^{-4} \text{ м}$ на катоде электролизера при 298 К и плотности тока 9 А/м^2 , составит

Ответы:

- 1) 0,028 В;
- 2) 0,56 В;
- 3) 0,056 В;
- 4) 0,28 В.

Верный ответ: 1) 0,028 В

3. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-4 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

Вопросы, задания

1. Основные понятия о топливных элементах. Электрохимические генераторы и энергоустановки
2. Топливные элементы с щелочным электролитом
3. Топливные элементы с фосфорнокислым электролитом

Материалы для проверки остаточных знаний

1. В ходе работы гальванического элемента в результате поляризации потенциал анода становится

Ответы:

- 1) менее положительным
- 2) менее отрицательным
- 3) более отрицательным
- 4) не изменяется

Верный ответ: 2) менее отрицательным

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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