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
Топливные элементы

Москва
2024

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Климова М.А. Идентификатор: R65e6a946-KlimovaMA-47ce202b	М.А. Климова

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Ланская И.И. Идентификатор: R3db6324d-LanskyaII-6f410db9	И.И. Ланская
Заведующий выпускающей кафедрой	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Кулешов Н.В. Идентификатор: Re9c42de9-KuleshovNV-bc390ed6	Н.В. Кулешов

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-1 Способен выполнять разработку и модернизацию объектов теплоэнергетики и теплотехники с учетом современных проблем теплоэнергетики, экологической безопасности и с технико-экономическим обоснованием принимаемых решений

ИД-1 Выполняет анализ современных проблем теплоэнергетики и теплотехники

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Системы на топливных элементах и их применение (Тестирование)
2. Топливные элементы (Тестирование)
3. Характеристики топливных элементов (Контрольная работа)

БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	5	10	15
Топливные элементы				
Типы топливных элементов		+		
Характеристики топливных элементов				
Термодинамика, эффективность и реальные характеристики работы топливных элементов.			+	
Системы на топливных элементах и их применение				
Моделирование топливных элементов				+
Конструкции систем топливных элементов и их применение.				+
	Вес КМ:	35	32	33

$Общая часть/Для промежуточной аттестации$

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-1	ИД-1$_{ПК-1}$ Выполняет анализ современных проблем теплоэнергетики и теплотехники	Знать: основные термины, определения и понятия в области водородной и электрохимической энергетики; принцип действия и основы конструктивного выполнения электрохимических энергоустановок общие закономерности химических процессов в водородных электрохимических системах основы математического анализа Уметь: анализировать электрохимические процессы в установках водородной энергетики рассчитывать и анализировать параметры	Топливные элементы (Тестирование) Характеристики топливных элементов (Контрольная работа) Системы на топливных элементах и их применение (Тестирование)

		электрохимических энергоустановок на основе топливных элементов представлять результаты выполненной работы	

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Топливные элементы

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Тестирование
Вес контрольного мероприятия в БРС: 35
Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменный тест по теме «Топливные элементы»

Краткое содержание задания:
Работа ориентирована на проверку знаний в области топливных элементов.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные термины, определения и понятия в области водородной и электрохимической энергетики; принцип действия и основы конструктивного выполнения электрохимических энергоустановок	1.Укажите диапазон рабочих температур для твердооксидного топливного элемента? 2.Напишите реакции на аноде и катоде для метанольного топливного элемента? 3.Назовите основные типы топливных элементов?
Уметь: рассчитывать и анализировать параметры электрохимических энергоустановок на основе топливных элементов	1.Из чего состоит мембранно-электродный блок твердополимерного топливного элемента?

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

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

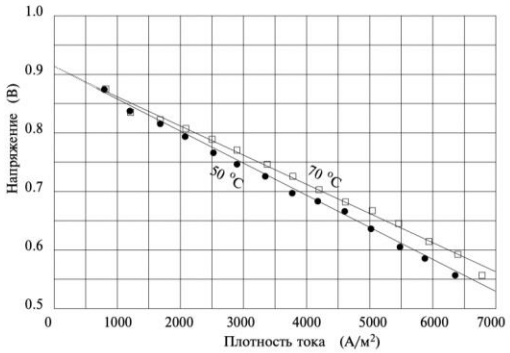
КМ-2. Характеристики топливных элементов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 32
Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменная работа

Краткое содержание задания:
Работа ориентирована на проверку знаний в области топливных элементов.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: общие закономерности химических процессов в водородных электрохимических системах	1.Выходное напряжение топливного элемента, в который при нормальных условиях подаются водород и кислород, равно 1,185 В. Рассчитаем выходное напряжение того же ТЭ, если вместо кислорода будет подаваться воздух (при нормальных условиях). Содержание кислорода в воздухе составляет примерно 20%. Соответственно, парциальное давление кислорода будет равно 0,2 атм, что эквивалентно степени разрежения чистого кислорода 5:1.
Уметь: анализировать электрохимические процессы в установках водородной энергетики	1.ТЭ фирмы «Ballard», ВАХ которого изображена на рисунке. Какова максимальная электрическая мощность, которую может генерировать этот элемент, и какое количество теплоты он при этом будет выделять? Чему равен КПД этого элемента? 

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

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Системы на топливных элементах и их применение

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Тестирование
Вес контрольного мероприятия в БРС: 33
Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменный тест по теме «Системы топливных элементах и их применение»

Краткое содержание задания:
Работа ориентирована на проверку знаний в области систем топливных элементов

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основы математического анализа	1.Назовите основные области применения топливных элементов? 2.Из чего состоит система бесперебойного питания на топливных элементах? 3.Особенности эксплуатации твердополимерных топливных элементов при низких температурах? 4.Какие топливные элементы нашли применение на автомобиле и почему?
Уметь: представлять результаты выполненной работы	1.Рассчитать потенциалы электродов ,ЭДС (2-мя способами), термодинамический КПД, максимальную полезную работу, удельную энергию и мощность при токе 8 А в течение 30 часов, для водородно-кислородного топливного элемента с щелочным электролитом (pH = 12) при 333 К. Давления водорода и кислорода, равны, соответственно, 20 и 16 бар.

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

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Процедура проведения

По результатам работы за весь семестр складывается оценка трех КМ.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1$_{ПК-1}$ Выполняет анализ современных проблем теплоэнергетики и теплотехники

Вопросы, задания

1.Как зависит ЭДС высокотемпературного топливного элемента от активностей и парциальных давлений реагентов, продуктов токообразующей реакции и от температуры?
2.Как определить тепловой эффект химической и электрохимической реакций?
3.Приведите уравнение для расчета напряжения ТОТЭ. Какие способы повышения напряжения ТОТЭ Вы знаете?
4.Назовите формулы для расчета КПД ТЭ?
5.Устройство водород-воздушного топливного элемента и методы исследования его характеристик?

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Определите тепловую мощность батареи топливного элемента состоящего из 50 ячеек, где ток 60 А,
напряжение 36 В, ЭДС ячейки 1,48 В.

Ответы:
$N_т = I * (E * n - U_б) = 60 * (1{,}48 * 50 - 36) = 2280$ Вт,

Верный ответ: 2280 Вт

2.Какой расход водорода необходим для получения 1 ампера в топливном элементе?
Ответы:
На каждую молекулу водорода (H2), которая вступает в реакцию в топливном элементе, на аноде топливного элемента высвобождается два электрона. Это лучше всего видно в твердополимерном топливном элементе из-за простоты анодной реакции, хотя правило двух электронов на двухатомную молекулу водорода (H2) справедливо для всех типов топливных элементов.
H 2→ 2H++ 2e-
Верный ответ: 0,037605 кг водорода в час на кА

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.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу