

**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
Водородная энергетика**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Блинов Д.В.
	Идентификатор	R07cd0a36-BlinovDV-2a7575e4

Д.В. Блинов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ланская И.И.
	Идентификатор	R3db6324d-Lanskyall-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. Использование водорода в топливных элементах (Контрольная работа)
2. Технологии производства водорода (Тестирование)
3. Технологии хранения и транспортировки водорода (Тестирование)

БРС дисциплины

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Технологии производства водорода (Тестирование)

КМ-2 Использование водорода в топливных элементах (Контрольная работа)

КМ-3 Технологии хранения и транспортировки водорода (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	5	10	15
Технологии производства водорода				
Расчет параметров систем производства водорода		+		
Использование водорода в топливных элементах				
Расчет основных параметров и характеристик топливных элементов			+	
Технологии хранения и транспортировки водорода				

Расчет основных параметров систем хранения и транспортировки водорода			+
Вес КМ:	35	30	35

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-1ПК-1 Выполняет анализ современных проблем теплоэнергетики и теплотехники	Знать: параметры и проблемы основных типов электрохимических установок и их подсистем, анализировать основные виды потерь энергии в электрохимических энергоустановках и способы их уменьшения, анализировать параметры основных способов хранения и транспортировки водорода общие закономерности химических процессов в водородных электрохимических системах; основные свойства газообразного, жидкого и атомарного водорода; подходы к разработке водород-аккумулирующих и водород-генерирующих	КМ-1 Технологии производства водорода (Тестирование) КМ-2 Использование водорода в топливных элементах (Контрольная работа) КМ-3 Технологии хранения и транспортировки водорода (Тестирование)

		материалов; достоинства и недостатки различных способов хранения и транспортировки водорода; параметры и проблемы электрохимических энергоустановок и их подсистем; основные методы производства, хранения и транспортировки водорода Уметь: проводить расчеты основных параметров, сравнение и выбор с технико-экономической точки зрения оптимальных способов получения, хранения и транспорта водорода проводить термодинамические расчеты химических процессов, определять условия самопроизвольного протекания химических процессов; проводить расчеты основных параметров систем хранения и транспортировки	
--	--	---	--

		водорода, проводить анализ полученных данных	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Технологии производства водорода

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 35

Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменный тест по теме «Технологии производства водорода».

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области производства водорода

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: общие закономерности химических процессов в водородных электрохимических системах; основные свойства газообразного, жидкого и атомарного водорода; подходы к разработке водород-аккумулирующих и водород-генерирующих материалов; достоинства и недостатки различных способов хранения и транспортировки водорода; параметры и проблемы электрохимических энергоустановок и их подсистем; основные методы производства, хранения и транспортировки водорода	1. Где необходимо располагать газгольдеры для водорода, а также ресиверы для водорода и кислорода?
Уметь: проводить расчеты основных параметров, сравнение и выбор с технико-экономической точки зрения оптимальных способов получения, хранения и транспорта водорода	1. Определить выход по току водорода, выделенного на электроде при нормальных условиях, если объем его составил 112 л при прохождении через электрод количества электричества, равного 1000 А ч.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-2. Использование водорода в топливных элементах

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа по теме «Использование водорода в топливных элементах».

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области топливных элементов

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: проводить термодинамические расчеты химических процессов, определять условия самопроизвольного протекания химических процессов; проводить расчеты основных параметров систем хранения и транспортировки водорода, проводить анализ полученных данных	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 ($\text{pH} = 12$) при 333 К. Давления водорода и кислорода, равны, соответственно, 20 и 16 бар. 2. Определите стандартную ЭДС водородно-кислородного топливного элемента, в котором при $T = 298 \text{ K}$ протекает реакция $\text{H}_2(\text{г}) + 1/2\text{O}_2(\text{г}) = \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-3. Технологии хранения и транспортировки водорода

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 35

Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменный тест по теме «Технологии хранения и транспортировки водорода».

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области технологии хранения и транспортировки водорода

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: параметры и проблемы основных типов электрохимических установок и их подсистем, анализировать основные виды потерь энергии в электрохимических энергоустановках и способы их уменьшения, анализировать параметры основных способов хранения и транспортировки водорода	1. Каковы оценки по потерям водорода при длительном его хранении в жидком виде в криобаках? 2. Рассчитайте объем водорода, находящийся в металлгидридном реакторе при температуре 250С, если в реакторе находится сплав LaNi5 в количестве 3 кг. Известно, что реактор заполнен на половину своей емкости

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 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-1ПК-1 Выполняет анализ современных проблем теплоэнергетики и теплотехники

Вопросы, задания

1. Какое расстояние должно быть между водородным и кислородным ресивером?
2. Определите время, необходимое для получения 1 кг металлического натрия на угольных электродах электролизом расплава NaOH при токе, равном 2500 А, катодном выходе натрия по току равном 85%, анодном выходе кислорода по току равном 100%. Определите объем выделившегося кислорода при нормальных условиях.
3. Определить массовый и объемный расходы для газопровода длиной 100 км, с наружным диаметром 720 мм и толщиной стенок 10 мм. Абсолютное давление в начале газопровода 5 МПа, в конце 1,1 МПа. Плотность газа при стандартных условиях $\rho = 0,09$ кг/м³. Коэффициент динамической вязкости $\mu = 8,8 \cdot 10^{-6}$ Па·с, коэффициент сжимаемости $z = 1,01$. Температура грунта на глубине заложения газопровода 5оС. Эквивалентная шероховатость внутренней поверхности труб 0,02 мм.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Удельная электропроводность 10 М раствора KOH при температурах 0 и 60 оС составляет, соответственно, 0,27 и 1,07 См/см. Рассчитать энергию активации проводимости такого раствора.
Верный ответ: 17,3 кДж/моль.
2. Какие недостатки при транспортировке сжиженного водорода морским транспортом?
Верный ответ: Необходимы перевалочные базы для передачи водорода с водного транспорта на наземный; для больших объемов необходима система удержания груза для предотвращения вскипания жидкого водорода; Необходимость в высокоэффективной экранно-вакуумной изоляции; Сложные системы заправки и выдачи жидкого водорода

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу