

**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: Энергообеспечение предприятий. Высокотемпературные процессы и установки**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Водородная энергетика**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

Д.В. Блинов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Писарев Д.С.
	Идентификатор	Radb74374-PisarevDS-0915d1cb

(подпись)

Д.С. Писарев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

(подпись)

А.Н. Рогалев

(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-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

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

\$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 <sub>ПК-1</sub> Выполняет анализ современных проблем теплоэнергетики и теплотехники	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 параметры и проблемы	Технологии производства водорода (Тестирование) Использование водорода в топливных элементах (Контрольная работа) Технологии хранения и транспортировки водорода (Тестирование)

		<p>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</p> <p>Уметь:</p> <p>проводить термодинамические расчеты химических процессов, определять условия самопроизвольного протекания химических процессов; проводить расчеты основных параметров систем хранения и транспортировки водорода, проводить анализ полученных данных</p> <p>проводить расчеты основных параметров, сравнение и выбор с технико-экономической точки зрения оптимальных способов получения,</p>	
--	--	---	--

		хранения и транспорта водорода	
--	--	-----------------------------------	--

## 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:

<p>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</p>	<p>1. Где необходимо располагать газгольдеры для водорода, а также ресиверы для водорода и кислорода?</p>
<p>Уметь: проводить расчеты основных параметров, сравнение и выбор с технико-экономической точки зрения оптимальных способов получения, хранения и транспорта водорода</p>	<p>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.</p>

#### 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. 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:**

Уметь: проводить термодинамические химических процессов, определять самопроизвольного химических процессов; проводить расчеты параметров систем транспортировки водорода, проводить анализ полученных данных	проводить расчеты условий протекания процессов; основных параметров хранения и водорода, полученных	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 (рН = 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 Т 298 К протекает реакция $H_2(г) + 1/2O_2(г) = H_2O(ж)$ .
--	---	--

**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. 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:**

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 металлогидридном 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*

*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

## 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/м<sup>3</sup>. 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*

*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.*

***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***