

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Наименование образовательной программы: Прикладная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Водородная энергетика и аккумулирование энергии**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дуников Д.О.
	Идентификатор	R5400edb9-DunikovDO-1844af7f

(подпись)

Д.О. Дуников

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лукашевский М.В.
	Идентификатор	Re4b7e3cb-LukashevskyMV-6844ab

(подпись)

М.В.  
Лукашевский

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

(подпись)

А.В. Дедов

(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:

- ПК-1 Готов анализировать и моделировать технологические процессы, используемые в атомной энергетике, термоядерных исследованиях, плазменных установках
- ИД-2 Владеет способами решения физико-технических и инженерных проблем современных термоядерных установок с магнитным удержанием плазмы типа токамак как прототипов энергетического термоядерного экспериментального реактора

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

- Защита расчетного задания "Водородный компрессор" (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

- Перспективы развития систем аккумулирования энергии и водородной энергетики. (Тестирование)
- Химические источники тока. Аккумуляторные батареи. (Контрольная работа)
- Электролиз воды и топливные элементы. (Контрольная работа)

### БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Роль аккумулирования энергии в развитии энергетики					
Энергия: что это такое и откуда берется?	+				
Энергетика и аккумулирование энергии	+				
Электрохимическое аккумулирование энергии					
Аккумулирование энергии, основы электрохимии		+			
Химические источники тока, топливные элементы		+			
Водородные топливные элементы		+			

Электролиз воды		+		
Водородная энергетика				
Понятие водородной энергетики			+	
Термохимические методы производства водорода			+	
Водород как энергоноситель для декарбонизированной энергетики			+	
Проблема хранения и транспортировки водорода			+	
Компрессия водорода			+	
Жидкий водорода			+	
Прочие методы хранения водорода				+
Обеспечение безопасности при работе с водородом				+
Перспективы развития водородной энергетики и систем аккумулирования энергии				+
Вес КМ:	25	25	30	20

\$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-2ПК-1 Владеет способами решения физико-технических и инженерных проблем современных термоядерных установок с магнитным удержанием плазмы типа токамак как прототипов энергетического термоядерного экспериментального реактора	Знать: Физико-технические основы функционирования химических источников тока, применяемых для аккумулирования энергии Физико-технические основы получения, хранения и использования водорода в энергетике Уметь: Самостоятельно разбираться в физических принципах действия систем аккумулирования энергии и в методиках расчета энергоустановок на основе химических источников тока и водородных технологий и применять их для решения поставленной задачи Осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию	Химические источники тока. Аккумуляторные батареи. (Контрольная работа) Электролиз воды и топливные элементы. (Контрольная работа) Защита расчетного задания "Водородный компрессор" (Расчетно-графическая работа) Перспективы развития систем аккумулирования энергии и водородной энергетики. (Тестирование)

		о новых технологиях получения и аккумулирования энергии	
--	--	---	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Химические источники тока. Аккумуляторные батареи.

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** 1. Групповая консультация по выполнению контрольной работы 2. Раздача печатных форм теста для заполнения в аудитории 3. Сбор и проверка заполненных форм 4. Групповая консультация по результатам тестирования

**Краткое содержание задания:**

Дайте определения и выполните задания

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Физико-технические основы получения, хранения и использования водорода в энергетике	1. Дайте определение системе накопления электрической энергии 2. Какие два основных приложения систем накопления электрической энергии? 3. Основные виды химических источников тока 4. Типовой состав химического источника тока
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Все задание выполнено, могут содержаться незначительные неточности и опечатки

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Неверный ответ на один вопрос, могут содержаться незначительные неточности и опечатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Неверный ответ на два вопроса, существенные неточности и опечатки

### КМ-2. Электролиз воды и топливные элементы.

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** 1. Групповая консультация по контрольной работе 2. Раздача билетов для выполнения работы в аудитории 3. Сбор и проверка результатов работы 4. Групповая консультация по результатам контрольной работы

**Краткое содержание задания:**

Проверка знаний и умений в области электролиза воды и топливных элементов

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Физико-технические основы функционирования химических источников тока, применяемых для аккумулирования энергии	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные типы топливных элементов</li> <li>2. Понятие электродного потенциала</li> <li>3. Основные типы электролизеров воды</li> <li>4. Основы конструкции топливных элементов</li> <li>5. Основы конструкции электролизеров воды</li> </ol>
---	--

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 90**Описание характеристики выполнения знания: Все задание выполнено, могут содержаться незначительные неточности и опечатки**Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 75**Описание характеристики выполнения знания: Неверный ответ на один вопрос, могут содержаться незначительные неточности и опечатки**Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 60**Описание характеристики выполнения знания: Неверный ответ на два вопроса, существенные неточности и опечатки***КМ-3. Защита расчетного задания "Водородный компрессор"****Формы реализации:** Защита задания**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30**Процедура проведения контрольного мероприятия:** 1. Групповая консультация по выполнению расчетного задания 2. Раздача вариантов для выполнения работы в аудитории и в ходе самостоятельной работы 3. Сбор и проверка результатов работы 4. Групповая консультация по результатам расчетного задания**Краткое содержание задания:**

Выполнить расчет двухступенчатого водородного компрессора по вариантам, защитить результаты работы

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: Осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о новых технологиях получения и аккумулирования энергии	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Да основе исходных данных определить распределения давлений по ступеням компрессора</li> <li>2. Да основе исходных данных рассчитать удельный объем и температуру газа в каждой из контрольных точек</li> <li>3. Рассчитать работу компрессора в изотермическом, политропном и адиабатном сжатии</li> <li>4. Рассчитать техническую работу компрессора на каждой из ступеней</li> <li>5. Рассчитать изотермический КПД компрессора на каждой из ступеней и в целом</li> <li>6. На основе полученных результатов обосновать выбор распределения давлений по ступеням компрессора</li> </ol>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Все задание выполнено, могут содержаться незначительные неточности и опечатки

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Неверный ответ на один вопрос, могут содержаться незначительные неточности и опечатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Неверный ответ на два вопроса, существенные неточности и опечатки

**КМ-4. Перспективы развития систем аккумулирования энергии и водородной энергетики.**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** 1. Групповая консультация по выполнению теста 2. Раздача печатных форм теста для заполнения в аудитории 3. Сбор и проверка заполненных форм 4. Групповая консультация по результатам тестирования

**Краткое содержание задания:**

Проверка понимания основных понятий в области систем аккумулирования энергии и водородной энергетики по результатам курса

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: Самостоятельно разбираться в физических принципах действия систем аккумулирования энергии и в методиках расчета энергоустановок на основе химических источников тока и водородных технологий и применять их для решения поставленной задачи</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физический принцип получения водорода электролизом воды</li> <li>2. Физические принципы работы водородных компрессоров</li> <li>3. Физический принцип ожижения водорода</li> <li>4. Физические принципы работы водородных сенсоров</li> </ol>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Все задание выполнено, могут содержаться незначительные неточности и опечатки

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Неверный ответ на один вопрос, могут содержаться незначительные неточности и опечатки

Оценка: 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*  
*Описание характеристики выполнения знания: Неверный ответ на два вопроса, существенные неточности и опечатки*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Приведите основные принципы обеспечения безопасности при работе с водородом.
2. Метод твердофазного хранения водорода в металлгидридах.
3. Задача

Рассмотрим полуавтономную солнечную систему, имеющую подключение к сети и собственные аккумуляторы. Дневные энергозатраты на обслуживание подключенной нагрузки равны  $E$ . Параметры аккумуляторов:  $CAKB$  – емкость,  $VAKB$  – номинальное напряжение,  $DOD_{max}$  – максимальная разрешенная глубина разряда. Для системы, работающей с номинальным напряжением  $V$  и имеющей  $N$  дней запаса автономности, оцените минимальную необходимую емкость батарей  $C$  и количество батарей  $NAKB$ .  
 $E = 1500$  Вт ч;  $CAKB = 105$  А ч;  $VAKB = 12$  В;  $DOD_{max} = 50\%$ ;  $V = 24$  В;  $N = 3$  сут.

### Процедура проведения

1. Раздача билетов для проведения зачета в аудитории
2. Сбор и проверка результатов

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-1 Владеет способами решения физико-технических и инженерных проблем современных термоядерных установок с магнитным удержанием плазмы типа токамак как прототипов энергетического термоядерного экспериментального реактора

### Вопросы, задания

1. Энергия. Основные определения, виды энергии, масштабы энергии
2. Ископаемые топлива, виды, роль в энергетике
3. Изменение климата и развитие ВИЭ, виды ВИЭ
4. Основная проблема ВИЭ и нужда в аккумулировании энергии
5. Системы накопления электрической энергии, основные определения
6. Методы накопления энергии в современной энергетике
7. Химические источники тока, определения, физический принцип действия
8. Типы электролитов, механизм переноса зарядов в электролитах
9. Электродный потенциал, гальваническая цепь
10. Водородные топливные элементы, физический принцип работы, уравнение Нернста
11. Типы водородных топливных элементов
12. Электролиз воды, физический принцип работы электролизера
13. Типы электролизеров воды
14. Понятие водородной энергетики
15. Способы получения водорода
16. Паровая конверсия метана
17. Термодинамика процесса сжатия газов, понятие изотермического КПД
18. Физические принципы работы компрессоров водорода
19. Термодинамика процесса ожижения водорода, понятие КПД ожижения
20. Хранение водорода: химические методы, адсорбция и абсорбция
21. Основные принципы обеспечения безопасности при работе с водородом

## 22. Водородные сенсоры, физические принципы их работы

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие превращения энергии используются при гидроаккумуляции энергии?

Ответы:

электромагнитная - потенциальная - кинетическая - электромагнитная

электромагнитная - внутренняя - электромагнитная

электромагнитная - химическая - электромагнитная

электромагнитная - электромагнитная

Верный ответ: электромагнитная - потенциальная - кинетическая - электромагнитная

2. Какие превращения энергии используются в сверхпроводящих магнитных системах?

Ответы:

электромагнитная - потенциальная - кинетическая - электромагнитная

электромагнитная - внутренняя - электромагнитная

электромагнитная - химическая - электромагнитная

электромагнитная - электромагнитная

Верный ответ: электромагнитная - электромагнитная

3. Какие превращения энергии используются в химических источниках тока?

Ответы:

электромагнитная - потенциальная - кинетическая - электромагнитная

электромагнитная - внутренняя - электромагнитная

электромагнитная - химическая - электромагнитная

электромагнитная - электромагнитная

Верный ответ: электромагнитная - химическая - электромагнитная

4. Роль водорода в энергетике

Ответы:

Источник энергии

Вторичный энергоноситель

Топливо

Горючий газ

Верный ответ: Вторичный энергоноситель

5. Химический источник тока, в котором электрический заряд не восстанавливается после разряда.

Ответы:

Элемент

Топливный элемент

Аккумулятор

Верный ответ: Элемент

6. Составная часть химического источника тока, обеспечивающая ионную проводимость

Ответы:

электроды

электролит

бак

сепаратор

Верный ответ: электролит

7. Какой ион обеспечивает перенос тока в водородном топливном элементе с твердополимерным электролитом?

Ответы:

$H^+$

$OH^-$

$O^{2-}$

Верный ответ:  $H^+$

8. Потенциал какого электрода равен нулю?

Ответы:

Литиевый

Медный

Водородный

Золотой

Верный ответ: Водородный

9. Какой из перечисленных методов получения водорода не относится к термохимическим?

Ответы:

паровая конверсия метана

пиролиз

высокотемпературный электролиз

неполное окисление

Верный ответ: высокотемпературный электролиз

10. Какой метод получения водорода наиболее эффективен?

Ответы:

Подземная добыча

Фоторазложение воды

Паровая конверсия метана

Электролиз

Верный ответ: Паровая конверсия метана

11. Какой тип газовых компрессоров может применяться только для водорода?

Ответы:

поршневой

роторный

диафрагменный

лопастной

металлогидридный

Верный ответ: металлогидридный

12. Какой термодинамический процесс обеспечивает максимальный КПД компрессора?

Ответы:

Адиабатный

Изотермический

Изобарный

Политропный

Верный ответ: Изотермический

13. Какова температура кипения водорода при 1 атм?

Ответы:

373 К

273 К

120 К

20 К

Верный ответ: 20 К

14. При производстве жидкого водорода детандер применяется для

Ответы:

сжатия газа

дресселирования газа

орто-пара конверсии

расширения газа

Верный ответ: расширения газа

15.С помощью какого газа можно охладить водород до 25 К?

Ответы:

Азот  
Кислород  
Гелий  
Аргон

Верный ответ: Гелий

16.Какие газовые баллоны можно использовать для хранения водорода под давлением 75 МПа

Ответы:

Только стальные баллоны  
Любые баллоны  
Композиционные баллоны

Верный ответ: Композиционные баллоны

17.Какая опасность вам не грозит при работе с водородом?

Ответы:

Отравление при утечках  
Асфиксия при утечках  
Взрывная волна  
Ожоги от излучения при горении  
Гипотермия и обморожения при контакте с жидким водородом

Верный ответ: Отравление при утечках

18.Каков нижний предел воспламенения водорода в воздухе?

Ответы:

1%  
4%  
25%  
50%

Верный ответ: 4%

19.Какие первичные источники энергии используются наиболее интенсивно?

Ответы:

Солнечная энергия  
Ископаемые  
Ветер  
Биомасса

Верный ответ: Ископаемые

20.Какие системы хранения энергии обладают наибольшей энергоемкостью?

Ответы:

Гидроаккумулирующие станции  
Литий-ионные аккумуляторы  
Свинцово-кислотные аккумуляторы  
Водородные топливные элементы

Верный ответ: Гидроаккумулирующие станции

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответ на все вопросы, незначительные неточности и недостатки в ответе*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Неверный ответ на один вопрос, либо неточности в ответе на 1 или 2 вопроса

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Неверный ответ на один вопрос и существенные неточности в ответе на 1 или 2 вопроса

### ***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.