

**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  
Водородные накопители энергии**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

|  |                                                    |                               |
|--|----------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | 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)

## 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-1 Обосновывает потребности в техническом и материальном обеспечении эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

ИД-2 Выполняет маркетинговые исследования научно-технической информации в области исследований и разработки 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

ИД-4 Анализирует научную проблематику 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. Применение водорода (Контрольная работа)
2. Расчет систем хранения и транспортирования водорода (Контрольная работа)
3. Расчет топливных элементов различной мощности (Контрольная работа)
4. Расчет электролизеров с разной производительностью по водороду (Контрольная работа)

**БРС дисциплины**

1 семестр

| Раздел дисциплины                                          | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                                                            | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|                                                            | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 12   | 15   |
| Основные понятия о водородном накоплении энергии           |                                 |      |      |      |      |
| Основные понятия о водородном накоплении энергии           | +                               |      |      |      |      |
| Электрохимические генераторы на основе топливных элементов |                                 |      |      |      |      |
| Электрохимические генераторы на основе топливных элементов |                                 |      | +    |      |      |
| Хранение и транспортирование водорода                      |                                 |      |      |      |      |
| Хранение и транспортирование водорода                      |                                 |      |      | +    |      |
| Применение водорода                                        |                                 |      |      |      |      |
| Применение водорода                                        |                                 |      |      |      | +    |
| Вес КМ:                                                    |                                 | 25   | 25   | 25   | 25   |

\$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-1 <sub>ПК-3</sub> Обосновывает потребности в техническом и материальном обеспечении эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов                         | Знать:<br>ИД-1 <sub>ПК-3</sub> правила эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной энергетики и их элементов<br>Уметь:<br>ИД-1 <sub>ПК-3</sub> проводить расчет установок водородной энергетики и их элементов с разной производительностью по водороду | Расчет электролизеров с разной производительностью по водороду (Контрольная работа) |
| ПК-3               | ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Выполняет маркетинговые исследования научно-технической информации в области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов | Знать:<br>ИД-2 <sub>ПК-3</sub> принципы процесса производства, передачи, распределения и потребления водорода<br>обеспечивать бесперебойную работу, правильную эксплуатацию и модернизацию энергетического, теплотехнического оборудования предприятий                          | Расчет электролизеров с разной производительностью по водороду (Контрольная работа) |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                    |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|      |                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>энергетического и химического профиля</p> <p>Уметь:</p> <p>ИД-2ПК-3 выполнять маркетинговые исследования научно-технической информации в области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов</p> |                                                                    |
| ПК-3 | <p>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</p> | <p>Знать:</p> <p>ИД-3ПК-3 основные задачи разработки автономных энергетических систем.</p> <p>Уметь:</p> <p>ИД-3ПК-3 собирать и анализировать исходные данные для расчёта автономных энергетических систем с использованием современных методов поиска и обработки информации</p>     | Расчет топливных элементов различной мощности (Контрольная работа) |
| ПК-3 | <p>ИД-4ПК-3 Анализирует научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем,</p>                                                                                                                             | <p>Знать:</p> <p>ИД-4ПК-3 методы анализа потребления водорода для обеспечения бесперебойного режима</p>                                                                                                                                                                               | Расчет топливных элементов различной мощности (Контрольная работа) |

|      |                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|      | установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов                                                                                                           | работы<br>Уметь:<br>ИД-4ПК-3 анализировать научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов                                                                                                                                        |                                                                          |
| ПК-4 | ИД-1ПК-4 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов | Знать:<br>ИД-1ПК-4 методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов<br>Уметь:<br>ИД-1ПК-4 разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов | Расчет систем хранения и транспортирования водорода (Контрольная работа) |
| ПК-4 | ИД-2ПК-4 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной,                                               | Знать:<br>ИД-2ПК-4 методы расчета мероприятий по экономии энергоресурсов<br>Уметь:<br>ИД-2ПК-4 применять                                                                                                                                                                                                                                     | Применение водорода (Контрольная работа)                                 |

|  |                                                |                                                                                                                                                   |  |
|--|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | электрохимической<br>энергетики и их элементов | методы определения<br>потребности производства<br>в топливно-энергетических<br>ресурсах, обоснованию<br>мероприятий по экономии<br>энергоресурсов |  |
|--|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

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

### **КМ-1. Расчет электролизеров с разной производительностью по водороду**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется по билетам на практическом занятии

#### **Краткое содержание задания:**

Работа ориентирована на проверку знаний в области электролизеров с разной производительностью по водороду

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: ИД-1ПК-3 правила эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной энергетики и их элементов                                                                                                                                                      | 1.Какие методы транспортировки водорода вы знаете? В чем достоинства и недостатки транспортировки жидкого водорода? Как выглядит схема доставки жидкого водорода?                                                       |
| Знать: ИД-2ПК-3 принципы процесса производства, передачи, распределения и потребления водорода обеспечивать бесперебойную работу, правильную эксплуатацию и модернизацию энергетического, теплотехнического оборудования предприятий энергетического и химического профиля | 1.Принципы процесса производства, передачи, распределения и потребления водорода.                                                                                                                                       |
| Уметь: ИД-1ПК-3 проводить расчет установок водородной энергетики и их элементов с разной производительностью по водороду                                                                                                                                                   | 1.Какие ЭЭУ являются наиболее перспективными для использования в транспорте и почему?                                                                                                                                   |
| Уметь: ИД-2ПК-3 выполнять маркетинговые исследования научно-технической информации в области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов                                                 | 1.Чему равны удельные энергозатраты на получение 1 м <sup>3</sup> водорода при нормальных условиях и среднем напряжении на одной электролизной ячейке 2,0 В? Как рассчитать тепло, выделяемое при работе электролизера? |

#### **Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* если студент правильно выполнил расчеты и дал правильные и полные ответы не менее чем на 90% вопросов контрольного билета

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* если студент правильно выполнил расчеты и дал правильные ответы не менее чем на 75% вопросов контрольного билета, допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты знаний

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* если студент правильно выполнил расчеты и дал правильные ответы не менее чем на 50% вопросов контрольного билета, допустил значительные неточности и не показал полноты знаний

## **КМ-2. Расчет топливных элементов различной мощности**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется по билетам на практическом занятии

### **Краткое содержание задания:**

Работа ориентирована на проверку знаний по расчету топливных элементов различной мощности

### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: ИД-3ПК-3 основные задачи разработки автономных энергетических систем.                                                                                                             | 1. В чем достоинства и недостатки транспортировки газообразного водорода с помощью транспорта?                                                                                                                  |
| Знать: ИД-4ПК-3 методы анализа потребления водорода для обеспечения бесперебойного режима работы                                                                                         | 1. Методы анализа потребления водорода для обеспечения бесперебойного режима работы?                                                                                                                            |
| Уметь: ИД-3ПК-3 собирать и анализировать исходные данные для расчёта автономных энергетических систем с использованием современных методов поиска и обработки информации                 | 1. Проведите расчет параметров электрохимических систем для гибридной энергоустановки мощностью 20 кВт на основе топливных элементов, электролизеров и металлгидридных систем хранения.                         |
| Уметь: ИД-4ПК-3 анализировать научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов | 1. 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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: если студент правильно выполнил расчеты и дал правильные и полные ответы не менее чем на 90% вопросов контрольного билета*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: если студент правильно выполнил расчеты и дал правильные ответы не менее чем на 75% вопросов контрольного билета, допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты знаний*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: если студент правильно выполнил расчеты и дал правильные ответы не менее чем на 50% вопросов контрольного билета, допустил значительные неточности и не показал полноты знаний*

### **КМ-3. Расчет систем хранения и транспортирования водорода**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется по билетам на практическом занятии

#### **Краткое содержание задания:**

Работа ориентирована на проверку знаний по расчету систем хранения и транспортирования водорода

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: ИД-1ПК-4 методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов                               | 1.методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов                                                                                                                                           |
| Уметь: ИД-1ПК-4 разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов | 1.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, а максимальная емкость для данного сплава составляет 1,37 % масс |

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: если студент правильно выполнил расчеты и дал правильные и полные ответы не менее чем на 90% вопросов контрольного билета*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: если студент правильно выполнил расчеты и дал правильные ответы не менее чем на 75% вопросов контрольного билета, допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты знаний*

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: если студент правильно выполнил расчеты и дал правильные ответы не менее чем на 50% вопросов контрольного билета, допустил значительные неточности и не показал полноты знаний

#### КМ-4. Применение водорода

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по билетам на практическом занятии

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний по применению водорода в энергетике

Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: ИД-2ПК-4 методы расчета мероприятий по экономии энергоресурсов                                                                                        | 1.методы расчета мероприятий по экономии энергоресурсов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Уметь: ИД-2ПК-4 применять методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов | 1.Определить КПД ГибЭУ. Основные параметры установки: давление составляет 0,3 МПа, средняя рабочая температура в ТОТЭ 1273 К, температура конверсии 1123 К. Применяется внутренняя не прямая паровая конверсия метана. Считаем, что КПД ГТУ равняется 0,3. В целом коэффициент расхода электроэнергии на собственные нужды равняется 0,85. Степень использования топлива в ТОТЭ 0,85. Плотность тока в ТОТЭ $i = 350$ мА/см <sup>2</sup> , а среднее напряжение электрохимического элемента составляет 0,65В. |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: если студент правильно выполнил расчеты и дал правильные и полные ответы не менее чем на 90% вопросов контрольного билета

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: если студент правильно выполнил расчеты и дал правильные ответы не менее чем на 75% вопросов контрольного билета, допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты знаний

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: если студент правильно выполнил расчеты и дал правильные ответы не менее чем на 50% вопросов контрольного билета, допустил значительные неточности и не показал полноты знаний

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 1 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Основные понятия о накоплении энергии. Виды накопителей энергии. Электрохимические накопители энергии: аккумуляторы, суперконденсаторы, проточные редокс-накопители. Место водородного накопителя энергии. Особенности выбора накопителя для систем с ВИЭ
2. Производство водорода из органического сырья. Какие углеводороды используются в качестве исходного сырья для получения водорода? По каким основным реакциям осуществляется паровая и углекислотная конверсия? Каким образом улучшается кинетика этих реакций? По каким основным реакциям осуществляется парциальное окисление углеводородов? В чем его достоинства и недостатки
3. Классификация контейнеров для хранения водорода под давлением. Крупномасштабное хранение водорода.

### 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-1<sub>ПК-3</sub> Обосновывает потребности в техническом и материальном обеспечении эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

#### Вопросы, задания

1. Какие сплавы можно использовать для хранения водорода. Как выглядят идеализированные изотермы реакции, кривые Вант Гоффа, РСТ диаграммы процессов адсорбция-десорбция водорода для предложенных сплавов.
2. В чем заключается привлекательность транспортировки газообразного водорода по трубопроводам с точки зрения водородной экономики?
3. Примеры отечественных ожижительных установок. Требования к резервуарам для хранения водорода. Оцените потери на испарение

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Из каких основных процессов состоит взаимодействие водорода с металлами? Как водород влияет на механические характеристики металлов?

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-3</sub> Выполняет маркетинговые исследования научно-технической информации в области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

#### Вопросы, задания

1. Проведите расчет параметров электрохимических систем для гибридной энергоустановки мощностью 20 кВт на основе топливных элементов, электролизеров и металлгидридных систем хранения.

2.Классификация контейнеров для хранения водорода под давлением.

Крупномасштабное хранение водорода

3.Производство водорода из органического сырья. Какие углеводороды используются в качестве исходного сырья для получения водорода? По каким основным реакциям осуществляется паровая и углекислотная конверсия? Каким образом улучшается кинетика этих реакций? По каким основным реакциям осуществляется парциальное окисление углеводородов? В чем его достоинства и недостатки

4.Основные понятия о накоплении энергии. Виды накопителей энергии.

Электрохимические накопители энергии: аккумуляторы, суперконденсаторы, проточные редокс-накопители. Место водородного накопителя энергии. Особенности выбора накопителя для систем с ВИЭ

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1.В чем достоинства и недостатки транспортировки газообразного водорода по трубопроводам?

Верный ответ: Водород можно транспортировать к месту его использования в газообразном или жидком состояниях, а также с помощью твердых или жидких носителей, которые содержат водород в связанном виде. Носителями могут служить гидриды металлов, наноструктуры, жидкие углеводороды и другие богатые водородом соединения. К носителям не относят природный газ, этанол, метанол и др., считающиеся сырьем для производства водорода. В настоящее время водород в основном транспортируется в газообразном состоянии по трубопроводным системам или с помощью трейлеров, оснащенных специальными трубами-контейнерами под давлением, а также в сжиженном виде в криогенных автомобильных и железнодорожных цистернах. У каждого из этих вариантов есть свой рациональный диапазон применения.

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ПК-3</sub> 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

### **Вопросы, задания**

1.Какое место занимают ЭЭУ относительно традиционных транспортных энергоустановок по таким характеристикам, как дальность пробега на одной заправке, удельная мощность, удельная энергия?

2.Энергетические и капитальные затраты для ожижения водорода. Сравнение циклов ожижения.

3.Какова роль водорода в развитии возобновляемых источников энергии? Предложите схему гибридной установки на основе ветроустановки с водородным накоплением энергии.

4.Эффективность хранения сжатого водорода при различных давлениях. Энергозатраты на компримирование. Работа адиабатического сжатия водорода. Классификация контейнеров для хранения водорода под давлением

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1.Какова роль водорода в развитии возобновляемых источников энергии? Предложите схему гибридной установки на основе ветроустановки с водородным накоплением энергии.

Ответы:

Схема гибридной установки

Верный ответ: Развернутый ответ

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-4<sub>ПК-3</sub> Анализирует научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

**Вопросы, задания**

1. Как выглядит схема доставки газообразного водорода? Поясните с ее помощью границы применения методов транспортировки газообразного водорода.
2. В чем достоинства и недостатки транспортировки газообразного водорода с помощью транспорта?
3. Какие методы транспортировки водорода вы знаете? В чем достоинства и недостатки транспортировки жидкого водорода? Как выглядит схема доставки жидкого водорода?

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Рассчитайте объем водорода, находящийся в металлгидридном реакторе при температуре 250С, если в реакторе находится сплав LaNi<sub>5</sub> в количестве 3 кг. Известно, что реактор заполнен на половину своей емкости, а максимальная емкость для данного сплава составляет 1,37 % масс

Верный ответ: 230 л H<sub>2</sub>

**5. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-4</sub> Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

**Вопросы, задания**

1. В чем достоинства и недостатки транспортировки газообразного водорода по трубопроводам?
2. Что собой представляют бифункциональные электрохимические системы? По каким возможным схемам они организуются, в чем достоинства и недостатки выбранных схем?
3. Какие ЭЭУ являются наиболее перспективными для использования в транспорте и почему?
4. Что представляет собой атомно-водородный энергоблок? Какие компоненты могут входить в водородную надстройку?

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Чему равны удельные энергозатраты на получение 1 м<sup>3</sup> водорода при нормальных условиях и среднем напряжении на одной электролизной ячейке 2,0 В? Как рассчитать тепло, выделяемое при работе электролизера?

Верный ответ: 4,78 кВт·ч/н.м<sup>3</sup>H<sub>2</sub>

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

**Вопросы, задания**

1. Каким образом использование водорода увеличивает эффективность паротурбинных, газотурбинных и парогазовых установок? Какие трудности возникают при использовании водорода в данных установках?
2. Каковы последствия неравномерности суточного графика нагрузок? Какие мероприятия проводятся для выравнивания суточного графика нагрузок?
3. Из каких основных процессов состоит взаимодействие водорода с металлами? Как водород влияет на механические характеристики металлов?

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Определите стандартную ЭДС водородно-кислородного топливного элемента, в котором при  $T = 298\text{ K}$  протекает реакция  $\text{H}_2(\text{г}) + 1/2\text{O}_2(\text{г}) = \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ .

Верный ответ: 1,229 В.

### **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.