

**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

**Рабочая программа дисциплины**  
**ВОДОРОДНЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ**


|  |  |
|--|--|
| <b>Блок:</b>                             | Блок 1 «Дисциплины (модули)»                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>  | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>   | Б1.Ч.04  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b> | 1 семестр - 4;   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>  | 144 часа   |
| <b>Лекции</b>                            | 1 семестр - 16 часов;                                    |
| <b>Практические занятия</b>              | 1 семестр - 48 часа;                                     |
| <b>Лабораторные работы</b>               | не предусмотрено учебным планом                          |
| <b>Консультации</b>                      | 1 семестр - 2 часа;                                      |
| <b>Самостоятельная работа</b>            | 1 семестр - 77,5 часа;                                   |
| <b>в том числе на КП/КР</b>              | не предусмотрено учебным планом                          |
| <b>Иная контактная работа</b>            | проводится в рамках часов аудиторных занятий             |
| <b>включая:</b>                          |  |
| <b>Контрольная работа</b>                |  |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>         |  |
| <b>Экзамен</b>                           | 1 семестр - 0,5 часа;                                    |

**Москва 2022**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                               |
|   | <b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>                       |                               |
|   | Владелец  | Кулешов Н.В.                  |
|   | Идентификатор   | Re9c42de9-KuleshovNV-bc390ed6 |

(подпись)


Н.В. Кулешов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |   |                              |
|---|---|------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                              |
|   | <b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>                       |                              |
|   | Владелец  | Ланская И.И.                 |
|   | Идентификатор   | R3db6324d-Lanskyall-6f410db9 |


(подпись)

И.И. Ланская

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                               |
|   | <b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>                       |                               |
|   | Владелец  | Кулешов Н.В.                  |
|   | Идентификатор   | Re9c42de9-KuleshovNV-bc390ed6 |

(подпись)

Н.В. Кулешов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основ расчета, анализа процессов и внедрения водородных технологий в реальный сектор экономики и энергетики

### Задачи дисциплины

- овладение основами расчета и анализа процессов при работе электрохимических водородных накопителей энергии;
- овладение основами совершенствования технологии производства реального сектора экономики и энергетики с помощью водородных накопителей энергии.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Запланированные результаты обучения  |
|---|---|--|
| 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 <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><br>уметь:<br>- ИД-1 <sub>ПК-3</sub> проводить расчет установок водородной энергетики и их элементов с разной производительностью по водороду.  |
| 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-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 обеспечивать бесперебойную работу, правильную эксплуатацию и модернизацию энергетического, теплотехнического оборудования предприятий энергетического и химического профиля.<br><br>уметь:<br>- ИД-2 <sub>ПК-3</sub> выполнять маркетинговые исследования научно-технической информации в области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов. |
| ПК-3 Способен к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации и разработке мероприятий по совершенствованию   | ИД-3 <sub>ПК-3</sub> Выполняет сбор, обработку, анализ и обобществление отечественного и международного опыта в области исследований и  | знать:<br>- ИД-3 <sub>ПК-3</sub> основные задачи разработки автономных энергетических систем..<br><br>уметь:   |

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Запланированные результаты обучения   |
|---|---|---|
| технологии производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов   | разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов  | - ИД-3ПК-3 собирать и анализировать исходные данные для расчёта автономных энергетических систем с использованием современных методов поиска и обработки информации.  |
| 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-4ПК-3 Анализирует научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ИД-4ПК-3 методы анализа потребления водорода для обеспечения бесперебойного режима работы.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ИД-4ПК-3 анализировать научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов.</li> </ul>   |
| 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-1ПК-4 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов     | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ИД-1ПК-4 методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ИД-1ПК-4 разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов.</li> </ul> |
| 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,  | ИД-2ПК-4 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов       | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ИД-2ПК-4 методы расчета мероприятий по экономии энергоресурсов.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ИД-2ПК-4 применять методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов.</li> </ul>  |

| Код и наименование компетенции                               | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--|--|-------------------------------------|
| электрохимической энергетики и их элементов в энергоресурсах |  |                                     |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Знать законы физики, химии, математики, физической химии, теоретической электрохимии
- знать теоретические основы химических источников тока
- знать основы энергосберегающей автономной энергетики
- знать материалы из программы вступительных испытаний
- уметь анализировать зарубежную и отечественную научно-техническую информацию в области водородной и электрохимической энергетики
- уметь рассчитывать и анализировать электрохимические процессы в установках водородной энергетики, проводить материальные, тепловые, гидравлические расчеты электрохимических энергоустановок различного типа, составлять математические модели и проводить оптимизационные расчеты элементов, батарей, генераторов и электрохимических энергоустановок
- уметь рассчитывать технико-экономические показатели с целью их использования для проектирования электрохимических энергоустановок водородной энергетики и аккумуляторов

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации     | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания   |   |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|---|
|       |  |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |  |   |
|       |  |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |  |   |
| КПР   | ГК   | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |  |   |
| 1     | 2  | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15   |   |
| 1     | Основные понятия о водородном накоплении энергии           | 27                    | 1       | 4  | -   | 12 | -            | - | -   | -  | -  | 11                | -                                 | <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br/>Изучение материала по разделу "Основные понятия о водородном накоплении энергии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], 336-423<br/>[4], 4-70<br/>[5], 15-31</p> |   |
| 1.1   | Основные понятия о водородном накоплении энергии           | 27                    |         | 4  | -   | 12 | -            | - | -   | -  | -  | 11                | -                                 |  |   |
| 2     | Электрохимические генераторы на основе топливных элементов | 27                    |         | 4  | -   | 12 | -            | - | -   | -  | -  | 11                | -                                 |  | <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br/>Изучение материала по разделу "Электрохимические генераторы на основе топливных элементов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Электрохимические генераторы на основе топливных элементов"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[2], 5-200<br/>[3], 110-119</p> |
| 2.1   | Электрохимические генераторы на основе топливных элементов | 27                    |         | 4  | -   | 12 | -            | - | -   | -  | -  | 11                | -                                 |  |   |
| 3     | Хранение и транспортирование водорода                      | 27                    |         | 4  | -   | 12 | -            | - | -   | -  | -  | 11                | -                                 | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу</p>  |   |

|     |                                       |       |  |    |   |    |   |   |   |     |      |    |      |  |
|-----|---------------------------------------|-------|--|----|---|----|---|---|---|-----|------|----|------|--|
| 3.1 | Хранение и транспортирование водорода | 27    |  | 4  | - | 12 | - | - | - | -   | -    | 11 | -    | "Хранение и транспортирование водорода"<br><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Хранение и транспортирование водорода" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[3], 64-82 |
| 4   | Применение водорода                   | 27    |  | 4  | - | 12 | - | - | - | -   | -    | 11 | -    | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Применение водорода"   |
| 4.1 | Применение водорода                   | 27    |  | 4  | - | 12 | - | - | - | -   | -    | 11 | -    | <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Применение водорода" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях  |
|     | Экзамен                               | 36.0  |  | -  | - | -  | - | 2 | - | -   | 0.5  | -  | 33.5 |  |
|     | Всего за семестр                      | 144.0 |  | 16 | - | 48 | - | 2 | - | -   | 0.5  | 44 | 33.5 |  |
|     | Итого за семестр                      | 144.0 |  | 16 | - | 48 | 2 | - | - | 0.5 | 77.5 |    |      |  |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Основные понятия о водородном накоплении энергии

#### 1.1. Основные понятия о водородном накоплении энергии

Основные понятия о накоплении энергии. Виды накопителей энергии. Электрохимические накопители энергии: аккумуляторы, суперконденсаторы, проточные редокс-накопители. Место водородного накопителя энергии.. Схемы водородных накопителей энергии на основе электролизеров воды, топливных элементов и систем хранения водорода. Принципиальные схемы использования щелочных, твердополимерных и высокотемпературных электролизных установок. Расчет и эксплуатация электролизных установок.. Альтернативные способы производства водорода. Термохимические циклы. Конверсия углеводов. Получение водорода с помощью угля. Получение водорода из биомассы. Физические способы производства водорода..

### 2. Электрохимические генераторы на основе топливных элементов

#### 2.1. Электрохимические генераторы на основе топливных элементов

Термодинамические показатели водородно-кислородных топливных элементов. Топливные элементы с полимерной протонообменной мембраной. Щелочные топливные элементы. Фосфорнокислые топливные элементы. Расплав карбонатные топливные элементы. Высокотемпературные топливные элементы.. Электрохимические генераторы (ЭХГ). Основные типы и параметры ЭЭУ. Параметры ЭХГ. Низкотемпературные ЭЭУ. Система подвода водорода и окислителя. Система отвода продуктов реакции и теплоты. Система автоматики. Основные типы и параметры ЭЭУ. Средне и высокотемпературные ЭЭУ..

### 3. Хранение и транспортирование водорода

#### 3.1. Хранение и транспортирование водорода

Эффективность хранения сжатого водорода при различных давлениях. Энергозатраты на компримирование. Работа адиабатического сжатия водорода. Классификация контейнеров для хранения водорода под давлением. Крупномасштабное, геологическое хранение водорода. Энергетические и капитальные затраты для ожижения водорода. Сравнение циклов ожижения. Примеры отечественных ожижительных установок. Требования к резервуарам для хранения водорода. Потери на испарение. Транспортировка газообразного водорода в контейнерах и по трубопроводам. Транспортировка жидкого водорода.. Хранение водорода в гидридах. Аланты (алюмогидриды). Борогидриды. Амиды. Гидриды металлов, сплавов, интерметаллидов. Идеализированные изотермы реакции, кривые Вант Гоффа, РСТ диаграммы процессов адсорбция-десорбция водорода. Классификация и примеры сплавов – накопителей водорода. Транспортировка водорода с помощью носителей. Сравнительный анализ способов транспортировки водорода..

### 4. Применение водорода

#### 4.1. Применение водорода

Водород в нефтепереработке. Химия водорода в металлургии. Водород в пищевой промышленности. Водород на транспорте, в авиации и ракетостроении. Водород в электронной, стекольной и фармацевтической промышленности.. Водород в энергетике. Сглаживание пиковых нагрузок в энергосистеме. Энерготехнологические комплексы на основе водорода. Принципиальная схема атомно-водородного энергоблока. Сравнительные характеристики ГТУ при использовании в качестве топлива водорода и стандартного



углеводорода. Водород на транспорте. Атомно-водородная энергетика. Использование водорода для повышения эффективности паровых и газовых турбин. Транспортные средства на водороде.. Опасность обращения с водородом. Воздействие водорода на конструкционные материалы. Принципы обеспечения пожаровзрывобезопасности водорода. Технические средства обеспечения водородной безопасности..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. расчет электролизеров (8 час);
2. Расчет водородных установок для сглаживания пиковых нагрузок энергосистем (12 часов);
3. Расчет термохимических циклов (4 час);
4. Расчет параметров конверсионных установок (4 час);
5. расчет топливных элементов (8 час);
6. расчет систем аккумулирования водорода (12 час).

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные понятия о водородном накоплении энергии"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электрохимические генераторы на основе топливных элементов"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Хранение и транспортирование водорода"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Применение водорода"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)  | Коды<br>индикаторов | Номер раздела<br>дисциплины (в<br>соответствии с<br>п.3.1) |   |   |   | Оценочное средство<br>(тип и наименование)  |
|---|---------------------|--|---|---|---|---|
|   |                     | 1  | 2 | 3 | 4 |   |
| <b>Знать:</b>   |                     |  |   |   |   |   |
| ИД-1ПК-3 правила эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной энергетики и их элементов  | ИД-1ПК-3            | +  |   |   |   | Контрольная работа/Расчет электролизеров с разной производительностью по водороду |
| 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 | ИД-2ПК-3            | +  |   |   |   | Контрольная работа/Расчет электролизеров с разной производительностью по водороду |
| ИД-3ПК-3 основные задачи разработки автономных энергетических систем.   | ИД-3ПК-3            |  | + |   |   | Контрольная работа/Расчет топливных элементов различной мощности                  |
| ИД-4ПК-3 методы анализа потребления водорода для обеспечения бесперебойного режима работы   | ИД-4ПК-3            |  | + |   |   | Контрольная работа/Расчет топливных элементов различной мощности                  |
| ИД-1ПК-4 методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов   | ИД-1ПК-4            |  |   | + |   | Контрольная работа/Расчет систем хранения и транспортирования водорода            |
| ИД-2ПК-4 методы расчета мероприятий по экономии энергоресурсов  | ИД-2ПК-4            |  |   |   | + | Контрольная работа/Применение водорода  |
| <b>Уметь:</b>   |                     |  |   |   |   |   |
| ИД-1ПК-3 проводить расчет установок водородной энергетики и их элементов с разной производительностью по водороду   | ИД-1ПК-3            | +  |   |   |   | Контрольная работа/Расчет электролизеров с разной производительностью по водороду |

|   |          |   |   |   |   |   |
|---|----------|---|---|---|---|---|
| ИД-2ПК-3 выполнять маркетинговые исследования научно-технической информации в области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов | ИД-2ПК-3 | + |   |   |   | Контрольная работа/Расчет электролизеров с разной производительностью по водороду |
| ИД-3ПК-3 собирать и анализировать исходные данные для расчёта автономных энергетических систем с использованием современных методов поиска и обработки информации   | ИД-3ПК-3 |   | + |   |   | Контрольная работа/Расчет топливных элементов различной мощности                  |
| ИД-4ПК-3 анализировать научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов                                   | ИД-4ПК-3 |   | + |   |   | Контрольная работа/Расчет топливных элементов различной мощности                  |
| ИД-1ПК-4 разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов   | ИД-1ПК-4 |   |   | + |   | Контрольная работа/Расчет систем хранения и транспортирования водорода            |
| ИД-2ПК-4 применять методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов   | ИД-2ПК-4 |   |   |   | + | Контрольная работа/Применение водорода  |

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **1 семестр**

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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### *Экзамен (Семестр №1)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Коровин Н. В., Кулешов Н. В., Гончарук О. Н., Камышова В. К., Ланская И. И., Мясникова Н. В., Осина М. А., Удрис Е. Я., Яштулов Н. А.- "Общая химия. Теория и задачи", (5-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (492 с.)

<https://e.lanbook.com/book/158949>;

2. Коровин, Н. В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки / Н. В. Коровин . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 280 с. - ISBN 5-7046-1185-0 .;

3. Кулешов, Н. В. Электрохимические технологии в энергетике : учебное пособие по курсам "Водородная и электрохимическая энергетика", "Водородные накопители энергии", "Энергосбережение в электрохимических технологиях", "Тепломассоперенос в установках водородной и электрохимической энергетике", "Тепловые процессы в электрохимических системах" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" по профилям "Автономные энергетические системы" и "Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика" / Н. В. Кулешов, Ю. А. Славнов, В. Н. Кулешов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 119 с. - ISBN 978-5-7046-1868-3 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10076](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10076);

4. Кулешов, Н. В. Электрохимическое получение водорода : учебное пособие по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / Н. В. Кулешов, В. Н. Кулешов, Ю. А. Славнов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 76 с. - ISBN 978-5-7046-2143-0 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10695](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10695);

5. Нефедкин, С. И. Автономные энергетические установки и системы : учебное пособие по курсу "Автономные энергоустановки и системы" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / С. И. Нефедкин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 218 с. - ISBN 978-5-7046-1847-8 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10105](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10105).

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции.

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---------------|-------------------------------|-----------|
|               | отсутствует                   |           |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Водородные накопители энергии

(название дисциплины)

#### 1 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Расчет электролизеров с разной производительностью по водороду (Контрольная работа)
- КМ-2 Расчет топливных элементов различной мощности (Контрольная работа)
- КМ-3 Расчет систем хранения и транспортирования водорода (Контрольная работа)
- КМ-4 Применение водорода (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины  | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|
|               |  | Неделя КМ: | 4    | 8    | 12   | 15   |
| 1             | Основные понятия о водородном накоплении энергии           |            |      |      |      |      |
| 1.1           | Основные понятия о водородном накоплении энергии           |            | +    |      |      |      |
| 2             | Электрохимические генераторы на основе топливных элементов |            |      |      |      |      |
| 2.1           | Электрохимические генераторы на основе топливных элементов |            |      | +    |      |      |
| 3             | Хранение и транспортирование водорода                      |            |      |      |      |      |
| 3.1           | Хранение и транспортирование водорода                      |            |      |      | +    |      |
| 4             | Применение водорода  |            |      |      |      |      |
| 4.1           | Применение водорода  |            |      |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |  |            | 25   | 25   | 25   | 25   |