

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Экономика и управление на энергопредприятии

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ОСНОВЫ ВОДОРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

|   |   |
|---|---|
| <b>Блок:</b>  | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>                                 | <b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b> |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>                                  | <b>Б1.Ч.01</b>  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>                                | <b>6 семестр - 3;</b>   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>                                 | <b>108 часов</b>  |
| <b>Лекции</b>   | <b>6 семестр - 28 часа;</b>                                     |
| <b>Практические занятия</b>   | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Лабораторные работы</b>  | <b>6 семестр - 14 часов;</b>                                    |
| <b>Консультации</b>   | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>             |
| <b>Самостоятельная работа</b>   | <b>6 семестр - 65,7 часа;</b>                                   |
| <b>в том числе на КП/КР</b>   | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Иная контактная работа</b>   | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>             |
| <b>включая:</b><br><b>Контрольная работа</b><br><b>Домашнее задание</b> |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>  |   |
| <b>Зачет с оценкой</b>  | <b>6 семестр - 0,3 часа;</b>                                    |

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

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

Н.В. Кулешов


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

|   |  |                               |
|---|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|   | Владелец   | Никифорова Д.В.               |
|   | Идентификатор                                      | Redb9b109-KhitrovaDV-bd905102 |

Д.В.  
Никифорова

Заведующий выпускающей  
кафедрой

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|   | Владелец   | Курдюкова Г.Н.                 |
|   | Идентификатор                                      | R6ab6dd0d-KurdiukovaGN-ca01d8c |

Г.Н. Курдюкова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение общих законов физико-химических процессов в водородных технологиях в области теплоэнергетики и теплотехники.

### Задачи дисциплины

- приобретение навыков проведения расчетов, анализа физико-химических процессов и проведения выбора оптимальных параметров водородных технологий для теплоэнергетических и теплотехнических процессов;
- освоение физико-химических принципов функционирования систем получения, хранения, использования водорода в теплоэнергетических и теплотехнических системах;
- овладение основами проектирования электрохимических энергоустановок водородной энергетики.

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-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники | ИД-5 <sub>ПК-1</sub> Выполняет эксперименты и расчеты по физико-химическим параметрам, характеристикам и условиям эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные источники научно-технической информации по основным водородной энергетике, теплоэнергетике и теплотехнике, терминологию предмета для умения логически верно и ясно строить аргументацию для демонстрации базовых знания в области естественнонаучных дисциплин и профессиональной деятельности);</li><li>- фундаментальные представления о электрохимических процессах, использовать данные знания в термодинамических расчетах, направленных на выбор оптимальных характеристик энергетических систем и установок.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- использовать программы обработки экспериментальных данных полученных на современном лабораторном оборудовании для оценки, прогнозирования и оптимизация физико-химических процессов водородных технологий;</li><li>- проводить лабораторные исследования и на их основе выполнять расчеты;</li><li>- использовать справочную литературу для проведения экспериментальных исследований в области водородной и электрохимической энергетике, узлов и агрегатов теплоэнергетических и теплотехнических систем;</li></ul> |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения   |
|--------------------------------|--|---|
|                                |  | - выполнять термодинамические расчеты электрохимических процессов теплоэнергетики и теплотехники. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Экономика и управление на энергопредприятии (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать «Химия», «Физика», «Математика», «Гидрогазодинамика», «Техническая термодинамика», «Высшая математика» в объеме первого и второго курсов
- уметь делать расчеты химических и физических процессов с применением математических методов

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 3 зачетных единицы, 108 часов.

| № 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     | Введение в водородную энергетику                       | 24                    | 6       | 8  | 4   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 12                | -                                 | <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br/>Изучение материала по разделу "Физико-химические свойства водорода" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b><br/>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Физико-химические свойства водорода" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Физико-химические свойства водорода"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Физико-химические свойства водорода"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 13-82<br/>[3], 10-150<br/>[5], 189-450</p> |
| 1.1   | Введение в водородную энергетику                       | 24                    |         | 8  | 4   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 12                                |   |

|     |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
|-----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
| 2   | Производство водорода                        | 24 | 8 | 4 | - | - | - | - | - | - | 12 | - | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу "Производство водорода"  |
| 2.1 | Электролиз воды                              | 14 | 4 | 4 | - | - | - | - | - | - | 6  | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Производство водорода"  |
| 2.2 | Производство водорода из органического сырья | 10 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 6  | - | <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Производство водорода" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b><br>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы<br><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Производство водорода" материалу.<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 84-352<br>[3], 371-386<br>[4], 1-44<br>[7], 5-64 |
| 3   | Хранение и транспортировка водорода.         | 22 | 6 | 4 | - | - | - | - | - | - | 12 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Хранение и транспортировка водорода."   |
| 3.1 | Хранение и транспортировка водорода.         | 22 | 6 | 4 | - | - | - | - | - | - | 12 | - | <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Хранение и транспортировка водорода." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b><br>Проработка лекции, выполнение и  |

|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | подготовка к защите лаб. работы<br><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Хранение и транспортировка водорода." материалу.<br><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Хранение и транспортировка водорода."<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 355-419<br>[7], 64-72   |
| 4   | Использование водорода для производства энергии | 20 | 6 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 12 | - | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Использование водорода для производства энергии"   |
| 4.1 | Использование водорода для производства энергии | 20 | 6 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 12 | - | <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Использование водорода для производства энергии" материалу.<br><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Использование водорода для производства энергии". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:<br><b><u>Самостоятельное изучение</u></b> |

|  |                  |       |    |    |   |   |   |   |   |     |      |      |  |   |
|--|------------------|-------|----|----|---|---|---|---|---|-----|------|------|--|---|
|  |                  |       |    |    |   |   |   |   |   |     |      |      |  | <p><b><u>теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Использование водорода для производства энергии"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Использование водорода для производства энергии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 420-520<br/>[2], 102-350<br/>[4], 1-44<br/>[6], 10-265<br/>[7], 110-118</p> |
|  | Зачет с оценкой  | 18.0  | -  | -  | - | - | - | - | - | 0.3 | -    | 17.7 |  |   |
|  | Всего за семестр | 108.0 | 28 | 14 | - | - | - | - | - | 0.3 | 48   | 17.7 |  |   |
|  | Итого за семестр | 108.0 | 28 | 14 | - | - | - | - | - | 0.3 | 65.7 |      |  |   |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Введение в водородную энергетику

#### 1.1. Введение в водородную энергетику

Распространение водорода в природе. Физико-химические свойства водорода. Ортоводород и пароводород. Изотопы водорода. Соединения водорода. Водород в нефтепереработке. Водород в пищевой промышленности. Водород на транспорте, в авиации и ракетостроении. Водород в электронной, стекольной и фармацевтической промышленности. Водород в энергетике..

### 2. Производство водорода

#### 2.1. Электролиз воды

Общие вопросы электрохимических процессов. Электродный потенциал, ЭДС. Законы Фарадея. Термодинамика электрохимических систем. Кинетика электродных процессов. Электропроводность растворов электролитов. Электролиз воды. Виды электролизеров. Энергетические затраты на производство водорода. Тепловые эффекты электролиза. Щелочной электролиз. Электролиты и катализаторы катодных и анодных процессов. Электролиз воды с твердым полимерным электролитом. Основные понятия и процессы. Электролиз водяных паров. Термодинамические параметры высокотемпературного элемента..

#### 2.2. Производство водорода из органического сырья

Производство водорода конверсией природного газа. Производство водорода термохимической переработкой конденсированного топлива. Производство водорода при использовании вторичных материальных энергетических ресурсов..

### 3. Хранение и транспортировка водорода.

#### 3.1. Хранение и транспортировка водорода.

Способы хранения и транспортировки водорода. Техничко-экономическое сравнение различных способов хранения и транспортировки: газобаллонного, в жидком виде, хранение в гидридах металлов и др. Эффективность хранения сжатого водорода при различных давлениях. Энергозатраты на компримирование. Работа адиабатического сжатия водорода. Классификация контейнеров для хранения водорода под давлением. Хранение жидкого водорода. Крупномасштабное, геологическое хранение водорода. Хранение жидкого водорода, в виде гидридов и в носителях. Транспортировка водорода..

### 4. Использование водорода для производства энергии

#### 4.1. Использование водорода для производства энергии

Водородные накопители энергии. Топливные элементы. Термодинамические показатели водородно-кислородных топливных элементов. Топливные элементы с полимерной протонообменной мембраной. Щелочные топливные элементы. Фосфорнокислотные топливные элементы. Расплавкарбонатные топливные элементы. Высокотемпературные топливные элементы. Сглаживание пиковых нагрузок в энергосистеме. Использование других электрохимических систем в недельном и сезонном процессе выравнивания нагрузки. Энерготехнологические комплексы на основе водорода. Принципиальная схема атомно-водородного энергоблока. Сравнительные характеристики ГТУ при использовании в качестве топлива водорода и стандартного углеводорода. Гибридные (комбинированные) схемы на основе возобновляемых источников. Водород на транспорте. Заправочные

водородные станции. Опасность обращения с водородом. Воздействие водорода на конструкционные материалы. Принципы обеспечения пожаровзрывобезопасности водорода.

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

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Расчет основных электрохимических параметров и характеристик топливного элемента; Расчет термодинамического и эксергетического КПД топливных элементов; Подбор топливного элемента и основных компонентов для автономной системы энергоснабжения;
2. Хранение водорода. Расчет систем водородного аккумулирования энергии; Связанное хранение водорода. Преимущества и недостатки. Расчет металлгидридной системы хранения водорода; Транспортирование водорода. Расчет основных параметров систем транспортировки водорода;
3. Расчет параметров электрохимических систем производства водорода. Расчет параметров конверсии органических топлив. Расчет параметров газификации угля;
4. Основные термины, определения и понятия. Физико-химические свойства водорода. Расчет потенциалов электродов и ЭДС электрохимических систем; Расчет термодинамических параметров электрохимических систем различного типа. Расчет электродных потенциалов, электродных поляризаций и напряжений. Закон Фарадея;
5. Исследование водных растворов сильных электролитов кондуктометрическим методом;
6. Электролиз водного раствора сульфата натрия.

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физико-химические свойства водорода"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Производство водорода"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Хранение и транспортировка водорода."
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Использование водорода для производства энергии"

### **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 индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   | Оценочное средство (тип и наименование)   |
|--|------------------|---|---|---|---|---|
|  |                  | 1   | 2 | 3 | 4 |   |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |   |
| фундаментальные представления о электрохимических процессах, использовать данные знания в термодинамических расчетах, направленных на выбор оптимальных характеристик энергетических систем и установок  | ИД-5ПК-1         |   |   | + |   | Домашнее задание/Получение водорода в электрохимических системах                                  |
| основные источники научно-технической информации по основным водородной энергетике, теплоэнергетике и теплотехнике, терминологию предмета для умения логически верно и ясно строить аргументацию для демонстрации базовых знания в области естественнонаучных дисциплин и профессиональной деятельности) | ИД-5ПК-1         |   |   |   | + | Контрольная работа/Топливные элементы   |
| <b>Уметь:</b>  |                  |   |   |   |   |   |
| выполнять термохимические расчеты электрохимических процессов теплоэнергетики и теплотехники   | ИД-5ПК-1         |   | + |   |   | Контрольная работа/Электролиз водного раствора сульфата натрия                                    |
| использовать справочную литературу для проведения экспериментальных исследований в области водородной и электрохимической энергетике, узлов и агрегатов теплоэнергетических и теплотехнических систем  | ИД-5ПК-1         | +   |   |   |   | Контрольная работа/Исследование водных растворов сильных электролитов кондуктометрическим методом |
| проводить лабораторные исследования и на их основе выполнять расчеты   | ИД-5ПК-1         | +   |   |   |   | Контрольная работа/Исследование водных растворов сильных электролитов кондуктометрическим методом |
| использовать программы обработки экспериментальных данных полученных на современном лабораторном оборудовании для оценки, прогнозирования и оптимизация физико-химических процессов водородных технологий  | ИД-5ПК-1         |   | + |   |   | Контрольная работа/Электролиз водного раствора сульфата натрия                                    |

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

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

**6 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Исследование водных растворов сильных электролитов кондуктометрическим методом (Контрольная работа)
2. Получение водорода в электрохимических системах (Домашнее задание)
3. Топливные элементы (Контрольная работа)
4. Электролиз водного раствора сульфата натрия (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №6)*

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 6 семестр.

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

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

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

1. Водородная энергетика : учебное издание для реализации основных образовательных программ высшего образования по направлению 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / Н. В. Кулешов, С. К. Попов, С. В. Захаров, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") ; ред. Н. В. Кулешов . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 548 с. - Авторы указаны на обороте тит. л. – Книга-победитель конкурса рукописей учебной, научно-технической и справочной литературы по энергетике, посвящ. 90-летию МЭИ и 100-летию плана ГОЭЛРО . - ISBN 978-5-7046-2438-7 .

[http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11772;](http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11772)

2. Б. Н. Кузык, Ю. В. Яковец- "Россия: стратегия перехода к водородной энергетике", Издательство: "Институт экономических стратегий", Москва, 2007 - (402 с.)

[https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63991;](https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63991)

3. 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", (6-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (492 с.)

[https://e.lanbook.com/book/183692;](https://e.lanbook.com/book/183692)

4. Волощенко, Г. Н. Электролизеры и топливные элементы с твердооксидным электролитом и энергоустановки на их основе : учебное пособие по курсу "Основы инженерного проектирования высокотемпературных электрохимических энергоустановок" по направлению "Теплоэнергетика", специализация "Электрохимическая и водородная энергетика" / Г. Н. Волощенко, Н. В. Коровин, Ю. А. Славнов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 44 с. - ISBN 978-5383-00456-2 .

[http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=1486;](http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=1486)

5. Коровин, Н. В. Общая химия : учебник для вузов по техническим направлениям и специальностям / Н. В. Коровин . – 13-е изд. перераб. и доп . – М. : Академия, 2011 . – 496 с. – (Высшее профессиональное образование . Бакалавриат) . - ISBN 978-5-7695-8015-4 .;
6. Коровин, Н. В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки / Н. В. Коровин . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 280 с. - ISBN 5-7046-1185-0 .;
7. 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://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=10076>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### 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. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elibr.mpei.ru/login.php>
6. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
7. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
8. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
9. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
10. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование           | Оснащение   |
|---|---|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Б-300, Учебная аудитория                | парта, парта со скамьей, рабочее место сотрудника, стол, стул, трибуна, доска меловая, колонки звуковые, микрофон, мультимедийный проектор, экран, учебно-наглядное пособие |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий                   | А-413/12, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ" | рабочее место сотрудника, стол преподавателя, стул, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, оборудование для экспериментов, учебно-наглядное пособие                    |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной                          | А-413/12, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ" | рабочее место сотрудника, стол преподавателя, стул, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, оборудование для  |

|  |   |  |
|--|---|--|
| аттестации   |   | экспериментов, учебно-наглядное пособие  |
| Помещения для самостоятельной работы                     | НТБ-303,<br>Компьютерный читальный зал    | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер                                     |
| Помещения для консультирования                           | А-413/7, Кабинет сотрудников каф. "ХиЭЭ"  | кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | А-413/9, Методический кабинет каф. "ХиЭЭ" | рабочее место сотрудника, стол, стол письменный, набор инструментов для профилактического обслуживания оборудования, инвентарь учебный   |

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Основы водородных технологий**

(название дисциплины)

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

- КМ-1 Исследование водных растворов сильных электролитов кондуктометрическим методом (Контрольная работа)
- КМ-2 Электролиз водного раствора сульфата натрия (Контрольная работа)
- КМ-3 Получение водорода в электрохимических системах (Домашнее задание)
- КМ-4 Топливные элементы (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины                               | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 4    | 8    | 10   | 14   |
| 1             | Введение в водородную энергетику                |            |      |      |      |      |
| 1.1           | Введение в водородную энергетику                |            | +    |      |      |      |
| 2             | Производство водорода                           |            |      |      |      |      |
| 2.1           | Электролиз воды                                 |            |      | +    |      |      |
| 2.2           | Производство водорода из органического сырья    |            |      | +    |      |      |
| 3             | Хранение и транспортировка водорода.            |            |      |      |      |      |
| 3.1           | Хранение и транспортировка водорода.            |            |      |      | +    |      |
| 4             | Использование водорода для производства энергии |            |      |      |      |      |
| 4.1           | Использование водорода для производства энергии |            |      |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |   |            | 25   | 25   | 25   | 25   |