

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

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

Москва 2026

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 | Ланская И.И. |
| | Идентификатор | R3db6324d-Lanskyall-6f410db9 |

И.И. Ланская

Заведующий выпускающей
кафедрой

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

Н.В. Кулешов

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 _{ПК-3} Обосновывает потребности в техническом и материальном обеспечении эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов | знать: - ИД-1 _{ПК-3} правила эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной энергетики и их элементов. уметь: - ИД-1 _{ПК-3} 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 _{ПК-3} Выполняет маркетинговые исследования научно-технической информации в области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов | знать: - ИД-2 _{ПК-3} принципы процесса производства, передачи, распределения и потребления водорода обеспечивать бесперебойную работу, правильную эксплуатацию и модернизацию энергетического, теплотехнического оборудования предприятий энергетического и химического профиля. уметь: - ИД-2 _{ПК-3} 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 _{ПК-3} Выполняет сбор, обработку, анализ и обобществление отечественного и международного опыта в области исследований и | знать: - ИД-3 _{ПК-3} основные задачи разработки автономных энергетических систем.. 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"> - ИД-4ПК-3 методы анализа потребления водорода для обеспечения бесперебойного режима работы. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ИД-4ПК-3 анализировать научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов. |
| 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"> - ИД-1ПК-4 методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ИД-1ПК-4 разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов. |
| 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"> - ИД-2ПК-4 методы расчета мероприятий по экономии энергоресурсов. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ИД-2ПК-4 применять методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов. |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--|--|--|
| электрохимической энергетики и их элементов в энергоресурсах | | |
| РПК-1 Способен применять информационные технологии для проведения исследований в профессиональной деятельности | ИД-2 _{РПК-1} Проводит исследования с использованием информационных технологий | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методы теории вероятностей, теории случайных процессов и математической статистики. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Строить алгоритмы решения типичных задач обработки информации в ИАС. |

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><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основные понятия о водородном накоплении энергии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 336-423 [4], 4-70 [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 | - | |
| 2.1 | Электрохимические генераторы на основе топливных элементов | 27 | | 4 | - | 12 | - | - | - | - | - | 11 | - | |
| 3 | Хранение и транспортирование водорода | 27 | | 4 | - | 12 | - | - | - | - | - | 11 | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу</p> |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------------------------------|-------|--|----|---|----|---|---|---|-----|------|----|------|--|
| 3.1 | Хранение и транспортирование водорода | 27 | | 4 | - | 12 | - | - | - | - | - | 11 | - | "Хранение и транспортирование водорода" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Хранение и транспортирование водорода" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 64-82 |
| 4 | Применение водорода | 27 | | 4 | - | 12 | - | - | - | - | - | 11 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Применение водорода" |
| 4.1 | Применение водорода | 27 | | 4 | - | 12 | - | - | - | - | - | 11 | - | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> 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 систем аккумулирования водорода (12 час);
2. расчет топливных элементов (8 час);
3. Расчет параметров конверсионных установок (4 час);
4. Расчет термохимических циклов (4 час);
5. Расчет водородных установок для сглаживания пиковых нагрузок энергосистем (12 часов);
6. расчет электролизеров (8 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 (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 | |
| Знать: | | | | | | |
| 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 |
| Методы теории вероятностей, теории случайных процессов и математической статистики | ИД-2РПК-1 | | | + | | Контрольная работа/Расчет систем хранения и транспортирования водорода |
| Уметь: | | | | | | |
| ИД-1ПК-3 проводить расчет установок водородной энергетики и их | ИД-1ПК-3 | + | | | | Контрольная работа/Расчет |

| | | | | | | |
|---|-----------|---|---|---|---|---|
| элементов с разной производительностью по водороду | | | | | | 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 |
| Строить алгоритмы решения типичных задач обработки информации в ИАС | ИД-2РПК-1 | + | | | | Контрольная работа/Расчет электролизеров с разной производительностью по водороду |

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://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=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://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=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/elib/view.php?id=10105>.

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
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 |
|---|--|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | А-409, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ" | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | А-409, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ" | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | А-409, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ" | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-303, Лекционная аудитория | 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

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 |