

**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: Автономные энергетические системы

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ВОДОРОДНАЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

<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.09.08</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>8 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>8 семестр - 28 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>8 семестр - 28 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>8 семестр - 16 часов;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>8 семестр - 103,2 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>8 семестр - 17,7 часов;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>8 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>8 семестр - 0 часов;</b>
<b>Защита курсовой работы</b>	<b>8 семестр - 0,8 часа;</b>
	<b>всего - 0,8 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	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 и анализа процессов при работе электрохимических энергоустановок водородной энергетики и основ их проектирования

### Задачи дисциплины

- овладение основами расчета и анализа процессов при работе электрохимических энергоустановок водородной энергетики;
- 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-2 Способен к организации технического и материального обеспечения эксплуатации автономных энергетических систем и их элементов	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> обосновывает потребности в техническом и материальном обеспечении эксплуатации автономных энергетических систем и их элементов	знать: - основные термины, определения и понятия (применительно к элементам водородной и электрохимической энергетики).  уметь: - рассчитывать технико-экономические показатели с целью их использования для проектирования электрохимических энергоустановок водородной энергетики и аккумуляторов.
ПК-2 Способен к организации технического и материального обеспечения эксплуатации автономных энергетических систем и их элементов	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> осуществляет контроль норм расхода всех видов энергоресурсов автономных энергетических систем и их элементов	знать: - основы конструктивного выполнения энергоустановок водородной энергетики, (электролизеров воды, топливных элементов, систем хранения водорода) с целью контроля норм расхода всех видов энергоресурсов.  уметь: - осуществлять контроль норм расхода всех видов энергоресурсов автономных энергетических систем и их элементов.
ПК-4 Способен к разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их элементов	ИД-1 <sub>ПК-4</sub> выполняет сбор, обработку, анализ и обобщение отечественного и международного опыта в области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов	знать: - источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по водородной и электрохимической энергетике.  уметь: - анализировать зарубежную и отечественную научно-техническую информацию в области водородной и электрохимической энергетики.
ПК-4 Способен к разработке мероприятий	ИД-2 <sub>ПК-4</sub> анализирует научную проблематику	знать: - проблемы создания элементной базы

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их элементов	области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов	(электрокатализаторы и электролиты) для разрабатываемых водородных электрохимических технологий.  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.
ПК-4 Способен к разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их элементов	ИД-ЗПК-4 выполняет эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями	знать: - методику проведения математических экспериментов по параметрам и характеристикам исследуемых объектов.  уметь: - выполнять математические эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автономные энергетические системы (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Знать законы физики, химии, математики, физической химии, теоретической электрохимии
- знать теоретические основы химических источников тока
- 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 5 зачетных единиц, 180 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	Электролиз воды	37	8	12	-	12	-	-	-	-	-	13	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Электролиз воды" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Электролиз воды" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 5-64 [2], стр.5-45 [4], стр. 6-40 [5], стр. 371-386</p>
1.1	Электролиз воды	37		12	-	12	-	-	-	-	-	13	-	
2	Использование водорода в топливных элементах. Другие способы производства водорода.	21		4	-	4	-	-	-	-	-	-	13	
2.1	Использование водорода в топливных элементах. Другие способы производства водорода.	21	4	-	4	-	-	-	-	-	-	13	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Использование водорода в топливных элементах. Другие способы производства водорода." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Использование водорода в топливных элементах. Другие способы производства водорода." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p>

													[3], стр. 25-150	
3	Технологии хранения водорода	25	6	-	6	-	-	-	-	-	-	13	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Технологии хранения водорода" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
3.1	Технологии хранения водорода	25	6	-	6	-	-	-	-	-	-	13	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Технологии хранения водорода" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр.64-72
4	Использование водорода	25	6	-	6	-	-	-	-	-	-	13	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Использование водорода" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
4.1	Использование водорода	25	6	-	6	-	-	-	-	-	-	13	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Использование водорода" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 110-118
	Экзамен	35.5	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	36.5	-	-	-	14	-	4	-	0.8	-	17.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>-</b>	<b>69.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>28</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>-</b>	<b>103.2</b>	<b>-</b>	

**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. Электролиз воды

#### 1.1. Электролиз воды

Способы производства водорода: кислородная и парокислородная конверсия конверсия природного газа, получение водорода с помощью угля, химические и электрохимические циклы, другие способы производства водорода. Место электрохимического способа производства водорода. Термодинамика процесса электролиза воды. Теоретическое напряжение разложения. Уравнение Нернста. Скорость электрохимических реакций. Перенапряжение выделения водорода и кислорода. Механизмы анодного выделения кислорода и катодного выделения водорода. Количественные соотношения при электролизе воды. Тепловой баланс электролизной ячейки. Напряжение на электрохимической ячейке. Виды электролизеров. Энергетические затраты на производство водорода. Технико-экономические характеристики электролизеров Щелочной электролиз воды. Особенности массопереноса в щелочной электролизной электрохимической группе. Особенности падения напряжения в ячейке щелочного электролиза. Катализаторы катодного выделения водорода и анодного выделения кислорода. Твердополимерный электролиз воды. Особенности поляризации на границе катализатор – твердополимерный электролит. Мембранно – электродные блоки. Физико – химические характеристики протонпроводящих мембран. Кластерно-сетчатая модель ТПЭ. Переноса протона в структурах с водородной связью. Высокотемпературный электролиз. Напряжение на ячейке. Проблема создания высокотемпературной керамической перегородки. Тепловыделение в системе. Особенности оксидных материалов для анодов. Планарные и трубчатые элементы..

### 2. Использование водорода в топливных элементах. Другие способы производства водорода.

2.1. Использование водорода в топливных элементах. Другие способы производства водорода.

Конверсия углеводородов. Равновесный состава и тепловой эффект пароводяной конверсии метана. Расчет равновесного состава «реакции сдвига». Катализаторы пароводяной конверсии метана. Термоэлектрохимические циклы. Физические способы производства водорода. Общие сведения, принцип работы и КПД топливных элементов. Классификация топливных элементов. Принципиальная схема топливного элемента с ТПЭ. Электродокаталитический слой. Носители электродокаталитического слоя. Проблема снижения закладки драгметаллов. Газодиффузионный слой. Биполярные пластины. Математическая модель массопереноса в зоне воздушного электрода ТЭ. Зависимость плотности тока от геометрии канала. Распределение плотности тока от пористости газодиффузионного слоя. Водно-щелочные топливные элементы. Принципиальная схема водно-щелочного топливного элемента. Вольт-амперные и поляризационные характеристики. Элементная база. Топливные элементы с ТПЭ с прямым окислением спиртов. Фосфорнокислые топливные элементы. Расплавно-карбонатные топливные элементы..

### 3. Технологии хранения водорода

#### 3.1. Технологии хранения водорода

Способы хранения и транспорта водорода. Технико-экономическое сравнение различных способов хранения и транспорта : 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. 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. Хранение водорода в ВИЭ.

#### 4. Использование водорода

##### 4.1. Использование водорода

Физико-химические свойства водорода и кислорода. Ортоводород и параводород. Изотопы водорода. Основные свойства протия, дейтерия и трития. Химия водорода в металлургии. Водород в нефтепереработке. Водород в пищевой промышленности. Водород на транспорте, в авиации и ракетостроении. Водород в электронной, стекольной и фармацевтической промышленности. 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. Технические средства обеспечения водородной безопасности..

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

1. Расчет термодинамических параметров электрохимических систем различного типа, расчет электродных потенциалов, электродных поляризаций и напряжений. Электролиз воды. Проведение конструкционного, теплового и гидравлического расчета электролизера (12 часов);
2. Расчет топливных элементов (ТЭ) и энергоустановок на их основе (4 часа);
3. Технологии хранения водорода (6 часов);
4. Использование водорода (6 часов).

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

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электролиз воды"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Использование водорода в топливных элементах. Другие способы производства водорода."
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Технологии хранения водорода"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Использование водорода"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ** **8 Семестр**

Курсовая работа (КР)

**График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 8	9 - 12	Зачетная
Раздел курсового проекта	1, 2	1, 2	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	50	50	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	50	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Расчет батареи электролизных элементов различной производительности на основе щелочных, твердополимерных либо высокотемпературных электрохимических групп.
2	Оптимизация эксплуатационных и конструктивных параметров, в качестве функции оптимизации выбрать удельные затраты на производство водорода

### 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	
<b>Знать:</b>						
основные термины, определения и понятия (применительно к элементам водородной и электрохимической энергетики)	ИД-1ПК-2	+				Контрольная работа/Электродные потенциалы. Электролиты
основы конструктивного выполнения энергоустановок водородной энергетики, (электролизеров воды, топливных элементов, систем хранения водорода) с целью контроля норм расхода всех видов энергоресурсов	ИД-2ПК-2		+			Контрольная работа/Электролиз воды. Топливные элементы
источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по водородной и электрохимической энергетике	ИД-1ПК-4			+		Контрольная работа/Хранение водорода
проблемы создания элементной базы (электрокатализаторы и электролиты) для разрабатываемых водородных электрохимических технологий	ИД-2ПК-4				+	Контрольная работа/Области применения водорода
методику проведения математических экспериментов по параметрам и характеристикам исследуемых объектов	ИД-3ПК-4				+	Контрольная работа/Области применения водорода
<b>Уметь:</b>						
рассчитывать технико-экономические показатели с целью их использования для проектирования электрохимических энергоустановок водородной энергетики и аккумуляторов	ИД-1ПК-2	+				Контрольная работа/Электродные потенциалы. Электролиты
осуществлять контроль норм расхода всех видов энергоресурсов автономных энергетических систем и их элементов	ИД-2ПК-2		+			Контрольная работа/Электролиз воды. Топливные элементы
анализировать зарубежную и отечественную научно-техническую информацию в области водородной и электрохимической энергетики	ИД-1ПК-4			+		Контрольная работа/Хранение водорода

<p>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</p>	ИД-2 <sub>ПК-4</sub>				+	Контрольная работа/Области применения водорода
<p>выполнять математические эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями</p>	ИД-3 <sub>ПК-4</sub>				+	Контрольная работа/Хранение 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**

**8 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Области применения водорода (Контрольная работа)
2. Хранение водорода (Контрольная работа)
3. Электродные потенциалы. Электролиты (Контрольная работа)
4. Электролиз воды. Топливные элементы (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

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

Экзамен (Семестр №8)

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

Курсовая работа (КР) (Семестр №8)

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 8 семестр.

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

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

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

1. 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>;
2. 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>;
3. Коровин, Н. В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки / Н. В. Коровин . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 280 с. - ISBN 5-7046-1185-0 .;
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., 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.](https://e.lanbook.com/book/158949)

## 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. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
9. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
10. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
11. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
12. 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	А-413/3,	рабочее место сотрудника, стол, стул,

самостоятельной работы	Компьютерный класс каф. "ХиЭЭ"	шкаф, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, ноутбук, компьютер персональный
Помещения для консультирования	А-413/11, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ"	рабочее место сотрудника, стол преподавателя, стул, шкаф, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, доска меловая, лабораторный стенд, компьютер персональный, принтер, инвентарь учебный

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Водородная и электрохимическая энергетика**

(название дисциплины)

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

КМ-1 Электродные потенциалы. Электролиты (Контрольная работа)

КМ-2 Электролиз воды. Топливные элементы (Контрольная работа)

КМ-3 Хранение водорода (Контрольная работа)

КМ-4 Области применения 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	13
1	Электролиз воды					
1.1	Электролиз воды		+			
2	Использование водорода в топливных элементах. Другие способы производства водорода.					
2.1	Использование водорода в топливных элементах. Другие способы производства водорода.			+		
3	Технологии хранения водорода					
3.1	Технологии хранения водорода				+	
4	Использование водорода					
4.1	Использование водорода					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Водородная и электрохимическая энергетика

(название дисциплины)

#### 8 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

КМ-1 соблюдение графика выполнения КР

КМ-2 контроль качества оформления КР

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
		Неделя КМ:	8	12
1	Расчет батареи электролизных элементов различной производительности на основе щелочных, твердополимерных либо высокотемпературных электрохимических групп.		+	+
2	Оптимизация эксплуатационных и конструктивных параметров, в качестве функции оптимизации выбрать удельные затраты на производство водорода		+	+
Вес КМ, %:			50	50