



Министерство науки
и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
Институт дистанционного
и дополнительного образования



УЧЕБНЫЙ ПЛАН

*дополнительной образовательной программы профессиональной переподготовки
«Водородная энергетика»,*

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Категория слушателей: лица, имеющие высшее образование, подтвержденное документом государственного или установленного образца и лица, получающие высшее образование

Общая трудоемкость программы: 263 ак. ч.

Форма обучения: очно-заочная

Выдаваемый документ: диплом о профессиональной переподготовке

№	Наименование дисциплин (модулей)	всего	Контактная работа, ак. ч					Самостоятельная работа, ак. ч	Стажировка, ак. ч	Форма аттестации		
			всего	аудиторные занятия	электронное обучение	обучение с ДОТ	контроль			текущий контроль (тест, опрос и пр.)	промежуточная аттестация (зачет, экзамен, защита отчета о стажировке)	итоговая аттестация (итоговый зачет, итоговый экзамен, доклад по результатам стажировки, итоговый аттестационный экзамен, итоговая аттестационная работа)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14
1	Водород как энергоноситель	35	16			14	2	19			Зачет	
1.1.	История открытия водорода и распространенность водорода в природе. Изотопы водорода. Орто-пара состав водорода.	9	4			4		5				
1.2.	Теплофизические свойства водорода. Газообразный водород. Жидкий водород. Шугообразный, гелеобразный и	12	5			5		7				

	твердый водород. Химические свойства водорода.										
1.3.	Водород в различных отраслях промышленности: химической промышленности; нефтепереработке; металлургии; пищевой промышленности; на транспорте, в авиации и ракетостроении; электронной, стекольной и фармацевтической промышленности; водород в энергетике.	1 4	7		5	2	7				
2	Производство водорода электролизом воды	8 1	28		26	2	53			Зачет	
2.1.	Основные закономерности электрохимических процессов. Общие вопросы электрохимических процессов. Электродный потенциал, ЭДС. Законы Фарадея. Термодинамика электрохимических систем. Кинетика электродных процессов. Электропроводность растворов электролитов.	1 2	4		4		8				
2.2.	Электролиз воды. Виды электролизеров. Термодинамика реакций электролитического разложения воды. Энергетические затраты на производство водорода. Энергетические затраты на производство	1 3	4		4		9				

	водорода. Тепловой баланс электролизера. Влияние давления на электролиз воды.										
2.3.	Щелочной электролиз. Электроды и катализаторы катодных и анодных процессов. Электролиты и диафрагмы. Основные типы конструкции батарей. Схемы щелочных электролизеров и режимы эксплуатации.	1 3	4		4		9				
2.4.	Электролиз воды с твердым полимерным электролитом. Понятия и процессы. Реакция выделения водорода. Реакция выделения кислорода. Устройство электролизной ячейки с ТПЭ Твердый полимерный электролит. Вольт-амперные характеристики и влияние давления.	1 3	4		4		9				
2.5.	Электролиз водяных паров. Материалы высокотемпературного электролизера. Термодинамические параметры высокотемпературного электролиза. Расчет установки высокотемпературного электролизера воды.	1 4	5		5		9				
2.6.	Расчет электролизеров воды. Материальный	1 6	7		5	2	9				

	расчет электролизеров воды. Конструктивный расчет электролизеров воды. Тепловой расчет электролизеров воды.										
3	Производство водорода из органических соединений и при использовании ВЭР предприятий	5 8	20		18	2	38			Зачет	
3.1.	Производство водорода конверсией природного газа. Паровая конверсия природного газа. Кислородная конверсия (парциальное окисление) природного газа. Углекислотная конверсия природного газа. Сопоставительный анализ окислительных конверсий природного газа. Расчеты процессов окислительной конверсии природного газа.	1 3	4		4		9				
3.2.	Производство водорода термохимической переработкой конденсированного топлива. Газификация конденсированного топлива. Реакторы и установки газификации. Пиролиз конденсированного топлива. Термическая переработка нефти и нефтепродуктов. Расчеты процессов термохимической переработки	1 3	4		4		9				

	конденсированног о топлива.										
3.3.	Производство водорода при использовании вторичных ресурсов, составляющих отходы промышленных установок. Производство водорода при использовании избыточных энергетических ресурсов тепловых электрических станций. Расчеты процессов термохимической переработки газовых отходов.	1 5	5		5		10				
3.4.	Разделение газовых смесей для выделения чистого водорода из продуктов конверсии органических соединений (криогенное разделение, адсорбция при переменном давлении, использование газоселективных мембран).	1 7	7		5	2	10				
4	Хранение и транспортировка водорода	2 8	12		10	2	16			Зачет	
4.1.	Хранение водорода. Способы хранения водорода. Хранение газообразного водорода. Хранение жидкого водорода. Хранение водорода в гидридах. Хранение в химически связанном виде (аммиак, метанол и др.). Энергоаккумуляция	1 3	5		5		8				


	ющие вещества, при взаимодействии которых с водой образуется водород. Носители на основе наноматериалов. Хранение водорода в стеклянных микросферах. Цеолиты. Металлоорганические каркасы										
4.2.	Транспортировка водорода. Транспортировка газообразного водорода. Транспортировка жидкого водорода. Транспортировка водорода с помощью носителей (в физически или химически связанном виде).	1 5	7		5	2	8				
5	Использование водорода для производства энергии	6 0	24		22	2	36			Зачет	
5.1.	Топливные элементы. Термодинамика водород-воздушных топливных элементов. Топливные элементы с протонообменной мембраной (компоненты, параметры и методы расчета энергоустановок.) Расчет тепломассообменных процессов при работе батареи водород-воздушных топливных элементов. Энергоустановки на водород-воздушных топливных	1 1	4		4		7				

	элементах в схемах энергоснабжения.										
5.2.	Виды и классификация возобновляемых источников энергии. Водородное накопление энергии и возобновляемые источники энергии в схемах энергоснабжения. Водородное аккумулирование энергии. Основные положения. Электроснабжение на основе солнечной электростанции и водородного аккумулирования энергии. Энергоснабжение автономного потребителя на основе ветрогенерации и водородного аккумулирования энергии.	1 1	4		4		7				
5.3.	Перспективное использование водорода в энергетике. Гибридные энергоустановки на основе высокотемпературных топливных элементов	1 1	4		4		7				
5.4.	Использование водорода для повышения эффективности паровых и газовых турбин. Перспективные схемные решения. Водородный перегрев пара. Вопросы горения водорода и метанводородных смесей.	1 2	5		5		7				
5.5.	Проблемы создания	1 5	7		5	2	8				

	конструкционных материалов для водородной энергетики. Борьба с водородным «охрупчиванием» сталей.											
6	Итоговая аттестация	1	1				1					Итоговый аттестационный экзамен
	ИТОГО:	263	101	0	0	90	11	162	0			

Руководитель ИЦ
ЭБМ

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Осипов С.К.
	Идентификатор	R06dc7f87-OsipovSK-e84c9a91


(подпись)

С.К. Осипов

(расшифровка
подписи)

Начальник ОДПО

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крохин А.Г.
	Идентификатор	R6d4610d5-KrokhinAG-aa301f84

(подпись)

А.Г. Крохин

(расшифровка
подписи)