

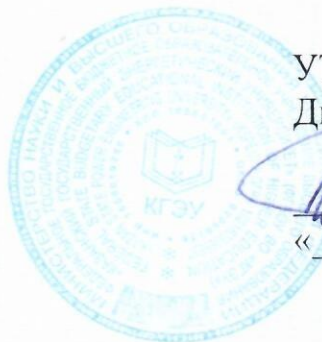


КГЭУ


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИДПО

 В. К. Ильин  
«    »                      2022 г.

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

**«Перспективные водородные технологии»**

## **1. Цель реализации программы**

Формирование профессиональных компетенций (углубленных знаний, практических умений и навыков) в области водородных технологий. Программа стажировки «Перспективные водородные технологии» направлена на подготовку кадров в области водородной энергетики, в том числе в сфере создания и эксплуатации установок производства, хранения, транспортировки водорода и применения водородных энергоносителей.

## **2. Требования к результатам обучения**

### **Планируемые результаты обучения:**

Основные профессиональные и профессионально-значимые компетенции:

- способность планировать и проводить исследования по проектам в области водородной энергетики и водородных технологий;
- способность решать задачи повышения надежности и эффективности водородных систем энергоснабжения и производств водорода; уменьшения негативных воздействий на окружающую среду.

### **Проектируемые результаты обучения:**

Формирование способности проектирования систем производства водорода; способности управлять проектами и эффективно координировать фундаментальные, прикладные исследования в области водородных технологий.

## **3. Содержание программы**

### **Учебный план**

программы повышения квалификации  
«Перспективные водородные технологии»

Категория слушателей – лица, имеющие среднее (по программам подготовки специалистов среднего звена) или высшее профессиональное образование, или получающие среднее (по программам подготовки специалистов среднего звена) или высшее профессиональное образование из числа магистрантов, аспирантов профильных ВУЗов, а так же преподаватели, руководители и ответственные за процессы энергосбережения и повышения энергоэффективности предприятий энергокомплекса, проектных и сервисных компаний, разработчики и производители энергоэффективного энергетического оборудования и материалов.

Срок обучения – 72 часа.



*Форма обучения* – с отрывом от работы (очное) или без отрыва от работы (заочное, дистанционно Zoom)

№ п/п	Наименование разделов	Всего, час.	В том числе, час.		
			Лекции	Практичес. и лаборатор. работы	Самостоятель ная работа
1	Стратегия развития водородной энергетики	16	8	4	4
2	Технологии получения водорода	20	8	8	4
3	Проблемы хранения и транспортировки водорода	18	10	4	4
4	Водород – топливо будущего	18	6	6	6
	Итоговая аттестация		Реферат		
	Итого:	72	32	22	18

**Учебно-тематический план**  
программы повышения квалификации  
«Перспективные водородные технологии»

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего, час.	В том числе, час.		
			лекции	Практичес. и лаборатор. работы	Самостояте льная работа
1	<b>Раздел 1. Стратегия развития водородной энергетики</b>	16	8	4	4
1.1	Становление водородной энергетики за рубежом и в России. Концепция развития водородных технологий в Республике Татарстан	2	2	-	-
1.2	Производство топливных элементов и энергоустановок на их основе	8	4	2	2
1.3	Применение топливных элементов на водороде в различных сферах деятельности	6	2	2	2
2	<b>Раздел 2. Технологии</b>	20	8	8	4

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего, час.	В том числе, час.		
			лекции	Практичес. и лаборатор. работы	Самостояте льная работа
	<b>получения водорода</b>				
2.1	Производство водорода из невозобновляемых и возобновляемых источников энергии	12	4	4	2
2.2	Проектирование систем производства водорода	8	4	4	2
	<b>Раздел 3. Проблемы хранения и транспортировки водорода</b>	18	10	4	4
3.1	Эффективные способы хранения и транспортировки водорода Водородное аккумулирование энергии	6	4	2	-
3.2	Интерметаллические соединения и их применение в водородной энергетике	6	4	-	2
3.3	Водородная безопасность и экологические проблемы	6	2	2	2
	<b>Раздел 4. Водород –топливо будущего</b>	18	6	6	6
4.1	Технологии потребления водородного топлива	6	2	2	2
4.2	Водородный автопром: перспективы развития	6	2	2	2
4.3	Создание российской водородной заправочной станции, автозаправочной сети	6	2	2	2
	Итоговая аттестация		Реферат		
	Итого:	72	32	22	18



**Учебная программа**  
повышения квалификации  
**«Перспективные водородные технологии»**

**Раздел 1. Стратегия развития водородной энергетики ( 16 час.)**

**Тема 1.1 Становление водородной энергетики за рубежом и в России (2 час.)**

Основные вехи в истории водородной энергетики. Мировой рынок водорода. Современное состояние исследований и разработок в области водородных энерготехнологий. Основные направления научно-поисковых работ в области водородной энергетики. Компоненты водородной энергетики.

**Тема 1.2 Производство топливных элементов и энергоустановок на их основе (8 час.)**

Водородные энергетические технологии. Технологии топливных элементов. Модули топливных элементов. Водород-кислородные парогенераторы мегаваттного класса мощности. ДВС на водороде. Никель-водородный аккумулятор.

**Тема 1.3 Применение топливных элементов на водороде в различных сферах деятельности (6 час.)**

Водородные энергоустановки. Преимущества топливных элементов в сравнении с другими способами получения энергии. Промышленные электрохимические установки переработки жидких отходов ТЭС с генерацией водорода. Автономное энергоснабжение объектов города на водородных топливных элементах.

**Перечень лабораторных работ**

Номер темы	Наименование лабораторной работы
1.2	Исследование топливного элемента. Определение вольт-амперных характеристик высокотемпературного твердопливного металлоксидного топливного элемента. Установление условий при которых топливный элемент обладает максимальным напряжением (2 час.)

**Перечень практических занятий**

Номер темы	Наименование практического занятия
------------	------------------------------------

1.3	Использование реверсивного топливного элемента для энергоснабжения группы потребителей, соединённых последовательно и параллельно (2 час.)
-----	--

## Раздел 2. Технологии получения водорода (20 час.)

### Тема 2.1 Производство водорода из невозобновляемых и возобновляемых источников энергии (12 час.)

Технологии централизованного получения водорода в республике Татарстан. Паровая конверсия углеводородов. Газификация твердых топлив. Пиролиз. Оценка технико-экономических показателей централизованного производства водорода. Получение водорода с помощью альтернативных источников энергии.

### Тема 2.2 Проектирование систем производства водорода (8 час.)

Новые направления в получении водорода. Электролизные технологии производства водорода. Усовершенствование методов электролиза воды. Типы электролизеров (щелочной электролизер, электролизер с ионообменной мембраной, твердооксидный электролизер). Конструирование электрохимического оборудования для производства водорода. Технологии экологически эффективного производства водорода.

#### Перечень лабораторных работ

Номер темы	Наименование лабораторной работы
2.1	Исследование электролизера. Изучение зависимости тока от напряжения подключенного к источнику напряжения электролизера (2 час.)
2.2	Исследование электролиза воды. Получить водород и кислород разложением воды в электролизере. Провести химический анализ газов и использовать их в топливном элементе (2 час.)

#### Перечень практических занятий

Номер темы	Наименование практического занятия
2.1	Получение водорода путем электролиза с использованием солнечной энергии (2 час.)
2.2	Определение коэффициента полезного действия системы



электролизер – топливный элемент (2 час.)
---

### **Раздел 3. Проблемы хранения и транспортировки водорода (18 час.)**

#### **Тема 3.1 Эффективные способы хранения и транспортировки водорода (6 час.)**

Классификация методов хранения водорода (физические, физико-химические, химические). Хранение газообразного и жидкого водорода. Технологии сжатия и ожижения водорода. Хранение и транспортировка водорода в химически связанном состоянии. Физикохимия водород-аккумулирующих материалов.

#### **Тема 3.2 Интерметаллические соединения и их применение в водородной энергетике (6 час.)**

Гидридообразующие материалы. Адсорбционные и абсорбционные водородные характеристики материалов, используемых для хранения водорода. Гибридная система хранения водорода. Криoadсорбционное хранение водорода. Технико-экономическая оценка различных вариантов хранения водорода. Системы аккумулирования энергии.

#### **Тема 3.3 Водородная безопасность и экологические проблемы (6 час.)**

Углеродная нейтральность. Удельные выбросы углекислого газа в электроэнергетических системах. Виды водорода. Стратегия развития «зеленого» водорода. Потребление «грязного» водорода (ТОТЭ, газовые турбины, теплогенераторы, технологические процессы). Потребление чистого водорода (низкотемпературные топливные элементы, технологические процессы). Методы очистки водорода (мембранный, криогенный, сорбционный). Особенности технического регулирования применения водородного топлива. Устройства измерения концентрации водорода в воздухе. Водородная безопасность.

#### **Перечень лабораторных работ**

Номер темы	Наименование лабораторной работы
3.3	Применение газоанализаторов для определения дозврывоопасной концентрация водорода в воздухе (2 час.)

## Перечень практических занятий

Номер темы	Наименование практического занятия
3.1	Водородное аккумулирование энергии (2 час.)

### Раздел 4. Водород – топливо будущего (18 час.)

#### Тема 4.1 Технологии потребления водородного топлива (6 час.)

Характеристика водорода как технического газа и топлива (свойства водородного топлива). Водородная система энергообеспечения. Сравнение классических систем энергообеспечения и водородной системы автономного энергообеспечения малой мощности до 5 кВт. Стоимость водородного топлива в условиях его централизованного производства. Концепция интегрированной системы топливообеспечения.

#### Тема 4.2 Водородный автопром: перспективы развития (6 час.)

Водородный транспорт: гибридные автомобили, автобусы, железнодорожный, водный транспорт, подводные лодки, беспилотные самолеты для больших высот и большой продолжительности полета. Существующие программы развития водородного транспорта.

#### Тема 4.3 Создание российской водородной заправочной станции, автозаправочных станций (6 час.)

Водородные заправочные станции, режим функционирования. Мобильные, стационарные, домашние водородные заправочные станции. Автозаправки на газообразном водороде. Российский образец водородной АЗС.

## Перечень лабораторных работ

Номер темы	Наименование лабораторной работы
4.1	Водород в качестве источника энергии (топлива). Возможность аккумулирования водорода (2 час.)
4.2	Энергоснабжение автомобильной платформы за счет энергии водорода (2 час)



## Перечень практических занятий

Номер темы	Наименование практического занятия
4.3	Исследование зависимости времени работы автомобильной платформы от запаса водорода (2 час.)

### 4. Материально-технические условия реализации программы

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Аудитория В-503	лекции	компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска
Учебная аудитория В-525 «Водородная и электрохимическая энергетика»	лабораторные работы практические и лабораторные занятия	учебные макеты для изучения получения, хранения, транспортировки и использования водорода, электрохимическое оборудование: топливные элементы, электролизеры
Компьютерный класс В-600 а	практические занятия, тестирование	компьютеры

### 5. Учебно-методическое обеспечение программы

#### Раздел I

1. Аполлонский, С. М. Энергосберегающие технологии в энергетике. Том 1. Энергосбережение в энергетике : учебник для вузов / С. М. Аполлонский. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 436 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/221123>
2. Распоряжение Правительства от 12 октября 2020 года № 2634-р «Развитие водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года».
3. Концепция развития водородной энергетики в Российской Федерации (от 5 августа 2021г) №2162-р.  
<http://static.government.ru/media/files/5JFns1CDAKqYKzZ0mnRADAw2NqcVsexl.pdf>
4. ГОСТ Р МЭК 62282-2-2014 «Технологии топливных элементов. Часть 2 Модули топливных элементов».
5. Химические источники тока : учебное пособие / В. Я. Соловьева, И. В.

Степанова, М. Абу-Хасан, А. С. Сахарова. – Санкт-Петербург : ПГУПС, 2020. – 53с.

## **Раздел 2**

1. Галдин, В. Д. Горючие газы: добыча, транспортировка, получение : учебное пособие / В. Д. Галдин. – 2-е изд., доревиз. – Омск : СибАДИ, 2021. – 234 с.

2. ГОСТ Р ИСО 22734-1-2013 «Генераторы водородные на основе процесса электролиза воды. Часть 1 Промышленное и коммерческое применение».

3. Производство водорода: технологии и перспективы в России. <https://biznesprost.com/otkryt-biznes/proizvodstvo-vodoroda.html>

4. Чистый водород из природного газа. <https://www.gazprom.ru/press/news/reports/2020/pure-hydrogen>

## **Раздел 3**

1. Шишулькин, С. Ю. Виды энергетических ресурсов и источников энергии : учебное пособие / С. Ю. Шишулькин. – Улан-Удэ : БГУ, 2017. – 152 с.

2. ГОСТ Р 54114-2010 «Передвижные устройства и системы для хранения водорода на основе гидридов металлов».

3. Указ Президента Российской Федерации от 4 ноября 2020 г. № 666 "О сокращении выбросов парниковых газов".

4. Указ Президента Российской Федерации от 8 февраля 2021 г. № 76 "О мерах по реализации государственной научно-технической политики в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений".

## **Раздел 4**

1. Беззубцева, М. М. Будущее энергетики человечества : учебное пособие / М. М. Беззубцева, В. С. Волков. – Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2014. – 133 с.

2. ГОСТ Р 55226-2012 «Водород газообразный. Заправочные станции».

3. ГОСТ 54110-2010 «Водородные генераторы на основе технологий переработки топлива. Часть 1 Безопасность».

## **6. Оценка качества освоения программы**

*Оценка качества освоения программы осуществляется аттестационной комиссией в виде оценивания реферата (зачтено – незачтено).*

*Слушатель считается аттестованным, если имеет положительный отзыв на реферат (зачтено).*

### **Рекомендуемые темы рефератов**

1. Место водородной энергетики в современной энергетике РФ.

2. Место водородной энергетики в современной энергетике Республике Татарстан.

3. Энергетическая стратегия России до 2030 г.



4. Факторы, определяющие развитие водородной энергетики.
5. Направления и формирования развития водородной энергетики.
6. Концепция крупномасштабного применения водорода.
7. Современные топливные энергоустановки на водороде.
8. Технологии экологически эффективного производства водорода.
9. Водородная энергетика и топливные элементы.
10. Современные достижения в области водородной энергетики.
11. Экологическое давление на окружающую среду при переходе к водородной экономике.
12. Транспортировка водорода с помощью носителей.
13. Области применения водорода и источники энергии для его производства.
14. Техничко-экономические показатели производства водорода путем электролиза воды.
15. Плазмохимические методы получения водорода.
16. Перспективы применения водорода в автомобильном транспорте.
17. Водород и его свойства.
18. Получение водорода с помощью альтернативных источников энергии.
19. Транспортные средства на топливных элементах.
20. Водородные автозаправочные станции – устройство, режим функционирования.

## 7. Составители программы

### *Составители программы:*

*Гайнутдинова Д.Ф., канд. хим. наук,  
доцент (раздел 1, темы 1.1- 1.13;  
раздел 2, темы 2.1-2.2 )*



*подпись*

*Филимонова А.А., канд мед. наук,  
доцент (раздел 3. темы 3.1-3.3;  
раздел 4, темы 4.1-4.4)*



*подпись*

Согласовано:

Зав. кафедрой ХВ



А. А. Чичиров

Зам. директора ИДПО



Э. Х. Давлетшина