



ПЕРЕДОВАЯ  
ИНЖЕНЕРНАЯ  
ШКОЛА НГТУ

# Водородные технологии в электроэнергетике

Институт: ИНЭЛ

к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика,  
электроснабжение и силовая электроника»

**Шалухо Андрей Владимирович**

Shaloho@nntu.ru

+7-951-916-32-43



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ  
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



**Передовые  
инженерные  
школы**



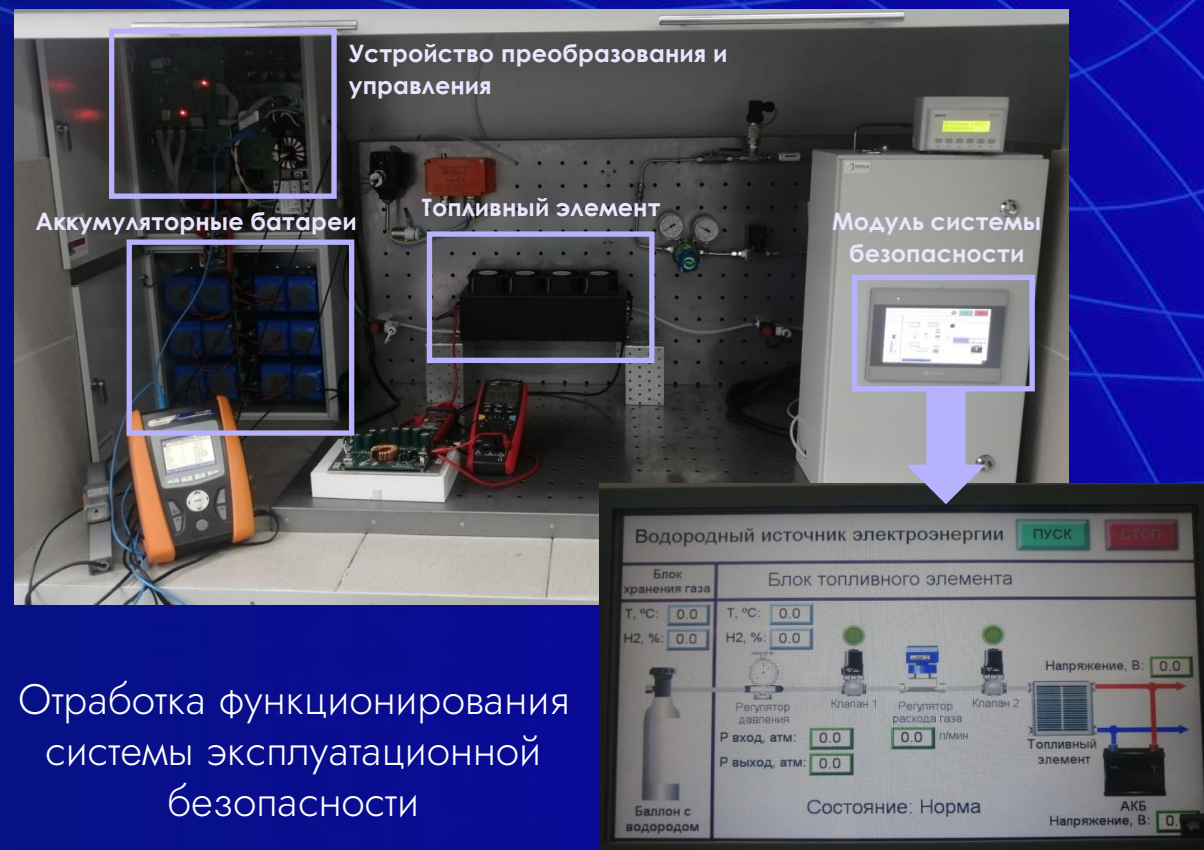
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Р. Е. Алексеева



## Ключевые тематики

- повышение безопасности при использовании водорода в электроснабжении промышленных объектов (и на транспорте);
- повышение эффективности электроснабжения потребителей на основе совместного использования топливных элементов и других типов источников и накопителей электроэнергии (различной мощности);
- повышение ресурса работы энергоустановок на основе водородных топливных элементов.

Исследования экспериментального образца гибридного энергетического комплекса на основе водородного топливного элемента и аккумуляторных батарей.



Отработка функционирования системы эксплуатационной безопасности



# Повышение безопасности при использовании водорода в электроснабжении промышленных объектов (и на транспорте)

## Решаемая проблема

Смесь водорода с воздухом относится к легковоспламеняющимся смесям. Поэтому использование водородных топливных элементов в сочетании с устройствами хранения водорода предъявляет повышенные требования к эксплуатационной безопасности электростанций на их основе. Это является одним из первостепенных условий для расширения применения топливных элементов.

## Задачи

- разработка алгоритмов обеспечения безопасности для энергоустановок на основе водородных топливных элементов (учитывающих различные аварийные и предаварийные ситуации);
- разработка конструктивных и аппаратных решений реализации системы эксплуатационной безопасности для энергоустановок на основе водородных топливных элементов;
- систематизация нормативных документов и регламентов в области проектирования и эксплуатации энергоустановок на основе водородных топливных элементов;



Внешний вид панели модуля системы эксплуатационной безопасности в составе экспериментального образца гибридного энергетического комплекса на основе водородного топливного элемента и аккумуляторных батарей.



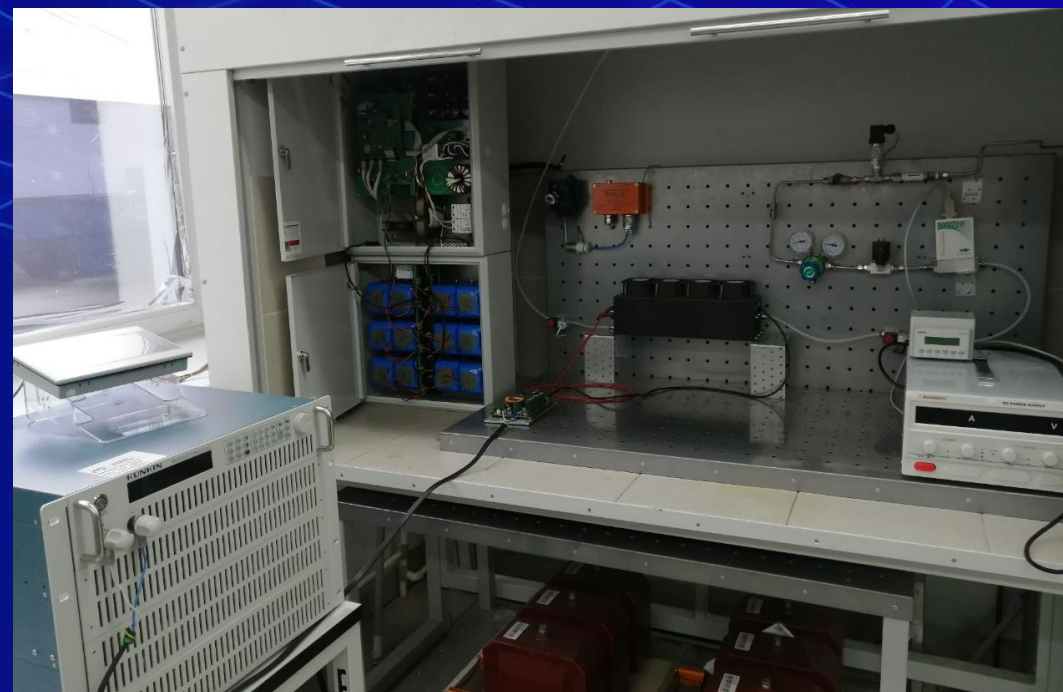
## Повышение эффективности электроснабжения потребителей на основе совместного использования топливных элементов и других типов источников и накопителей электроэнергии

### Решаемая проблема

Топливные элементы, в силу низкой скорости химических реакций, обладают инертностью при работе в условиях резких изменений нагрузок. Решение данной проблемы заключается в комбинированном использовании топливных элементов с накопителями электроэнергии. Также накопители (и другие типы источников электроэнергии) позволяют снизить требования к установленной мощности топливного элемента.

### Задачи

- разработка устройств преобразования электроэнергии, обеспечивающих сопряжение параметров разнохарактерных установок;
- разработка алгоритмов управления и программного обеспечения, направленных на повышение эффективности работы и надежности электроснабжения потребителей (переход от систем адаптивного управления к интеллектуальному нейрорууправлению);
- разработка методов выбора оптимальных параметров источников, накопителей и преобразователей электроэнергии для совместного использования в гибридных комплексах.



Внешний вид экспериментального образца гибридного энергетического комплекса на основе низкотемпературных топливных элементов и никель-железо-фосфатных аккумуляторов, обеспечивающего пиковую мощность 3 кВт.



Структурная схема, поясняющая причины и последствия деградации топливных элементов.

### Решаемая проблема

Серьезным барьером, препятствующим широкому распространению топливных элементов, является их невысокая долговечность и большой разброс срока службы. Это связано с деградацией мембранно-электродных блоков под воздействием множества внешних факторов. Срок службы топливного элемента при неодинаковых внешних условиях может варьироваться от 1000 до 10 000 часов.

### Задачи

- разработка устройств преобразования электроэнергии, обеспечивающих сопряжение параметров разнохарактерных установок;
- разработка алгоритмов управления и программного обеспечения, направленных на повышение эффективности работы и надежности электроснабжения потребителей (переход от систем адаптивного управления к интеллектуальному нейроуправлению);
- разработка методов выбора оптимальных параметров источников, накопителей и преобразователей электроэнергии для совместного использования в гибридных комплексах.



### Генератор водорода Цвет-Хром-12



- производительность водорода – 180 см<sup>3</sup>/мин;
- чистота водорода – 99,999%;
- расход воды – 12 л/час.

### Регулятор расхода газа РРГ-20-900-Д37-Д37Р



- предел регулирования – 900 л/ч;
- дискретность задания расхода газа – 1%;
- точность подачи газа – 1,2%.

### ПЛК FATEK FBs-24MCT2-AC



- количество дискретных входов – 14;
- количество дискретных выходов – 10;
- напряжение дискретных входов – 24 В.



### Цифровая электронная нагрузка KUNKIN KL7204B



- диапазон тока – 0-100 А;
- диапазон точности – 4800 Вт;
- диапазон сопротивления – 0,1-10000 Ом.



### Взаимодействие с реальным сектором экономики

Минобрнауки России, ФЦП,  
Соглашение от 05.06.2014 г.  
№14.577.21.0073



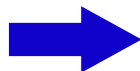
Разработка научно-технических решений по созданию гибридного источника электроэнергии на основе ТОТЭ и системы накопления для ответственных потребителей.

РФФИ,  
соглашение от 07.12.2020 г.  
№20-38-51016/20



Разработка законов адаптивного управления, методов оптимизации и экспериментальные исследования эффективности функционирования гибридного энергетического комплекса на основе низкотемпературных топливных элементов (с неограниченной длительностью работы).

Государственное задание  
(тема №FSWE-2022-0005)



Научно-исследовательская лаборатория «Автономные гибридные электроэнергетические комплексы».

### Результаты

Создан экспериментальный образец гибридного источника электроэнергии мощностью 1,5 кВт на основе твердооксидных топливных элементов, никель-кадмиевого аккумулятора и емкостного накопителя.

Создан лабораторный стенд для проведения исследований физической модели гибридного энергетического комплекса.

Создана физическая модель гибридного энергетического комплекса мощностью 1 кВт на основе низкотемпературных топливных элементов с устройством контроля, защиты и управления.

Разработаны и исследованы математическая и компьютерная модели гибридной маневренной энергоустановки на основе водородных топливных элементов.



Минобрнауки России, ФЦП, Соглашение от 05.06.2014 г.  
№14.577.21.0073

### Цель и задачи

- разработка и изготовление экспериментального образца интеллектуального энергоэффективного гибридного источника электроэнергии на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ);
- разработка научно-технических решений по созданию гибридного накопителя электрической энергии;
- разработка алгоритма работы интеллектуального энергоэффективного гибридного источника электроэнергии;
- изготовление и проведение испытаний экспериментального образца интеллектуального энергоэффективного гибридного источника электроэнергии.

### Результаты

В процессе реализации проекта наработан теоретический задел и приобретены компетенции в области твердооксидных топливных элементов.



Внешний вид экспериментального образца гибридного источника электроэнергии мощностью 1,5 кВт на основе твердооксидных топливных элементов, никель-кадмиевого аккумулятора и емкостного накопителя.





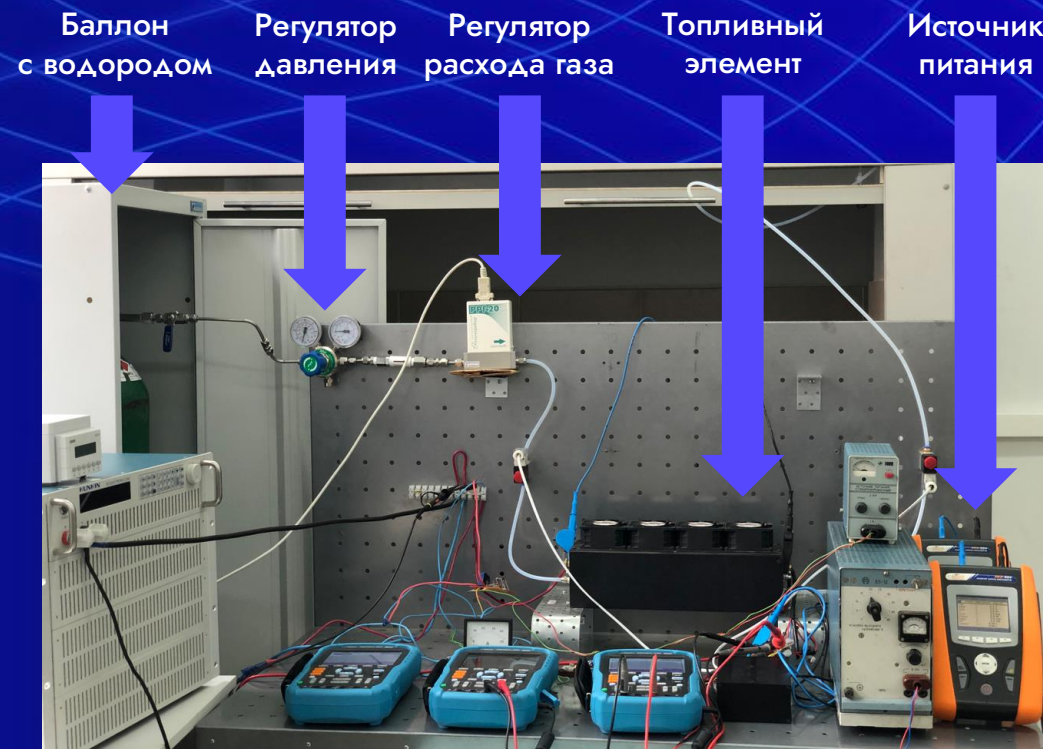
РФФИ, соглашение от 07.12.2020 г. №20-38-51016/20

## Цель и задачи

- разработка и экспериментальные исследования законов адаптивного управления, алгоритма контроля и защиты работы гибридного энергетического комплекса на основе низкотемпературных топливных элементов и системы накопления;
- разработка и создание физической модели гибридного энергетического комплекса;
- разработка и создание лабораторного стенда для проведения исследований физической модели гибридного энергетического комплекса;
- разработка методов оптимизации параметров гибридного энергетического комплекса.

## Результаты

Проект создал базу для проведения полноценных экспериментальных исследований водородных топливных элементов в лаборатории.



Электронная  
нагрузка

Измерительные приборы

Внешний вид лабораторного стенда для проведения исследований физической модели гибридного энергетического комплекса.



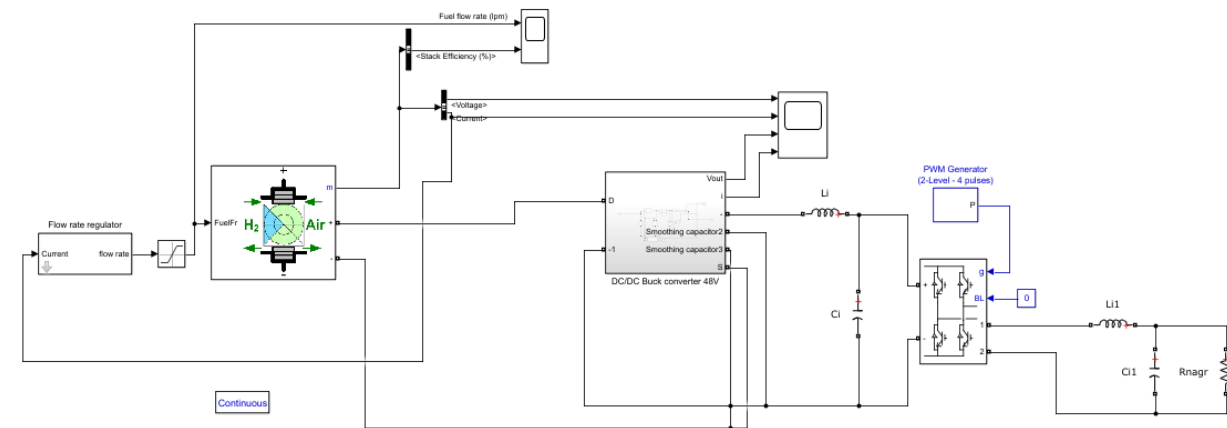
Государственное задание (тема №FSWE-2022-0005)

## Цель и задачи

- разработка высокоэффективных автономных гибридных электроэнергетических комплексов на основе водородных топливных элементов;
- исследование и разработка научно-технических решений по созданию гибридных маневренных энергоустановок на основе водородных топливных элементов;
- разработка, изготовление и исследование экспериментального образца модуля энергоустановки на основе водородных топливных элементов;
- разработка методики выбора оптимального состава и параметров объектов в составе локальных энергетических систем с распределенной генерацией.

## Результаты

Проект создал базу для проведения полноценных экспериментальных исследований водородных топливных элементов в лаборатории.



Имитационная компьютерная модель для отработки алгоритмов управления работой систем с несколькими топливными элементами (мультистеков).



ПЕРЕДОВАЯ  
ИНЖЕНЕРНАЯ  
ШКОЛА НГТУ

## Научно-технологическая лаборатория «Водородные технологии в электроэнергетике»

Лаборатория будет заниматься научными исследованиями критических технологий для систем с водородными топливными элементами. На базе лаборатории будет организован образовательный процесс.

### Состав лаборатории:

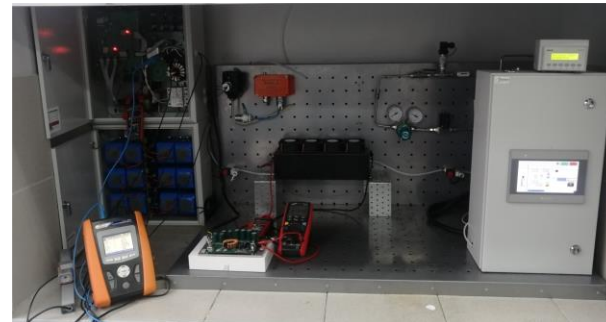
1. научно-исследовательский стенд для проведения исследований и испытаний энергетических комплексов на основе топливных элементов;
2. учебно-лабораторный стенд «Водородная энергетика».

### В перспективе:

- виртуальный лабораторный стенд «Водородная энергетика»;
- экспериментальные стенды для мембранного разделения смеси азота и водорода, каталитического разложения аммиака;
- экспериментальный образец автономного импульсного источника питания на основе ПОМТЭ.

### Конкретные задачи, которые позволяет решать СОП:

- исследование и разработка технологий создания энергетических комплексов на основе топливных элементов;
- исследование и разработка методов повышения ресурса работы топливных элементов (связанных с процессом эксплуатации);
- образовательный процесс.



Институт: ИНЭЛ, расположение: 1 корпус НГТУ, ауд. 1129



ПЕРЕДОВАЯ  
ИНЖЕНЕРНАЯ  
ШКОЛА НГТУ

# Водородные технологии в электроэнергетике

Спасибо за внимание!

к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика,  
электроснабжение и силовая электроника»

**Шалухо Андрей Владимирович**

Shaloho@nntu.ru

+7-951-916-32-43



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ  
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



**Передовые  
инженерные  
школы**



НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. П. Е. Алексеева