

## Перспективы применения водородных топливных элементов на автомобилях

С. В. Беляев<sup>1</sup>

*Петрозаводский государственный университет*

### АННОТАЦИЯ

Статья посвящена проблемам применения водородных топливных элементов на автомобилях, анализируются их свойства. Топливные элементы вызывают сегодня самое пристальное внимание многих специалистов в мире, именно в них видят перспективы развития энергетики XXI века.

Особые надежды на водородные топливные элементы возлагают автомобилестроители.

**Ключевые слова:** водород, топливные элементы, автомобили, топливная экономичность.

### SUMMARY

Car buyers may soon have the opportunity to purchase new vehicles that offer significant environmental benefits. Automakers are racing to develop a suite of new engine technologies. One of the most revolutionary is the fuel cell, which promises high performance, near-zero regulate emission and up to twice the fuel economy of today's internal combustion engines.

**Keywords:** fuel cell, vehicles, fuel economy.

Как известно, XIX век был веком паровых двигателей, XX век – веком двигателей внутреннего сгорания, XXI век, вероятно, будет веком топливных элементов.

Топливные элементы (ТЭ) сегодня вызывают самое пристальное внимание всех специалистов в мире, именно в них видят перспективы развития энергетики XXI века. На них работают космические корабли и они обеспечивают электроэнергией потребителей в некоторых странах мира.

Топливные элементы представляют собой электрохимические устройства, вырабатывающие электроэнергию без процесса горения – химическим путем, почти так же, как батарейки. Разница лишь в том, что в них используются другие химические вещества, – водород и кислород, а продуктом химической реакции является вода. Можно использовать и природный газ, однако при этом неизбежен определенный уровень выброса двуокиси углерода.

Поскольку топливные элементы могут работать с высоким КПД и без вредных выбросов, с ними связаны большие перспективы развития водородной экологически чистой энергетики, которая будет способствовать снижению выбросов парниковых газов и других загрязняющих веществ. Основное препятствие на пути широкомасштабного использования топливных элементов – это их высокая стоимость по сравнению с другими устройствами, вырабатывающими электричество или приводящими в движение транспортные средства.

Первые топливные элементы были продемонстрированы W. Grove в 1839 году. W. Grove показал, что процесс электролиза – расщепление воды на водород и кислород под действием электрического тока – обратим. То есть водород и кислород могут быть соединены химическим путем с образованием электричества.

После того как это было продемонстрировано, многие ученые начали изучать топливные элементы, но изобретение двигателя внутреннего сгорания и развитие инфраструктуры добычи нефти во второй половине XIX века оставило развитие топливных элементов далеко позади. Еще больше сдерживала развитие топливных элементов их высокая стоимость.

Всплеск развития топливных элементов пришелся на 50-е годы XX века, когда НАСА обратилась к ним в связи с возникшей потребностью в компактном электрогенераторе для космических полетов. Были вложены соответствующие средства и в результате полеты Apollo и Gemini были осуществлены на топливных элементах. Космические корабли также работают на топливных элементах.

Топливные элементы до сих пор в значительной степени являются экспериментальной технологией, но уже несколько компаний продают их на коммерческом рынке. Только за последние 10 лет были достигнуты значительные успехи в области коммерческой технологии топливных элементов.

**Какие преимущества имеют топливные элементы**  
Среди наиболее очевидных достоинств водородной энергии на базе топливных элементов следует выделить:

- I – минимальное влияние на загрязнение окружающей среды,
- II – технические преимущества,
- III – повышение энергетической безопасности,
- IV – независимость от энергетических сетей (автономность),
- V – топливные элементы успешно заменяют батареи.

### **I – влияние на окружающую среду**

1. Преобразуя топливо через химическую реакцию прямо в энергию ТЭ, получают больше энергии по сравнению с обычными способами получения энергии через процессы сгорания.

<sup>1</sup> Автор – доцент кафедры промышленной теплотехники

Прямой процесс получения энергии уменьшает расход и топлива, увеличивая эффективность от 30 до 90% в зависимости от системы ТЭ и способов утилизации воды и тепла, образующихся при этом.

2. Минимальная эмиссия вредных веществ. При использовании водорода в качестве топлива в результате химической реакции выделяются вода, тепло и электроэнергия, а при любом самом совершенном сгорании обычных топлив образуются окислы углерода, азота, оксиды серы и другие продукты сгорания.

3. Уменьшение вредного влияния на окружающую среду, присущего добывающим отраслям промышленности. ТЭ позволяют избежать нарушения экосистемы, связанного с добычей ископаемых топлив из Земли, так как водород может быть получен из возобновляемых источников энергии. При утечке водорода его пары очень быстро улетучиваются, потому что он легче воздуха.

#### **II – технические достоинства ТЭ**

1. ТЭ могут работать на водороде, который получают из любого известного сегодня топлива (газ, спирт, бензин и т. д.).

2. Высокая энергетическая плотность. Мощность ТЭ обычно определяют в кВт/л. Этот показатель постоянно повышается, так как очень активно проводятся исследования технологии производства ТЭ.

3. Низкие рабочие температуры и давление. Температурный диапазон работы ТЭ лежит от 80 до 1000 °С и зависит от типа топливного элемента. Следует заметить, что температура сгорания в двигателе автомобиля может достигать 2300 °С.

4. Удобство в компоновке. ТЭ, обладающие минимальной шумностью и практически нулевой эмиссией вредных веществ, могут быть расположены в самых разных местах как внутри системы, так и снаружи.

5. Потенциальная способность к увеличению эффективности в работе. Тепло, которое получается в результате химической реакции в ТЭ, может быть утилизировано для нагрева воды, помещений и получения холода. В этом случае КПД (эффективность) может приблизиться к 90%.

6. Высокая чувствительность к изменению нагрузки. Для получения дополнительной мощности при работе ТЭ необходимо больше подавать топлива в систему. То есть это аналогично работе бензинового двигателя: нажимая на педаль газа, увеличиваем мощность автомобиля.

7. Техническая простота. ТЭ не включают никаких подвижных, сопряженных деталей. Отсутствие любого вида движения позволяет получить простую конструкцию с высокой степенью надежности, спокойной работой и меньшей вероятностью отказа.

#### **III – повышение энергетической безопасности**

Водород, применяемый в ТЭ, может быть получен из местных источников топлива: из природного газа, угля, при помощи электролиза воды и биомассы и других возобновляемых источников: ветровой энергии, фотоэлектричества и др.

Использование массивных ресурсов уменьшает зависимость от поставщиков из других регионов и стран, повышает надежность энергоснабжения.

Независимость от энергетических систем. Локальные системы с ТЭ позволяют потребителям получать стабильную электроэнергию, не опасаясь нарушения в работе электросетей по разным причинам (обледенение проводов, их обрыв и др.).

#### **IV – топливные элементы могут заменить батареи**

По сравнению с батареями ТЭ более компактны, меньше весят. Для увеличения мощности у ТЭ необходимо подавать больше топлива в систему. Чтобы увеличить мощность обычной батареи, необходимо увеличить количество батарей, что всегда приводит к повышению стоимости, веса и т. д. И напомним: ТЭ никогда не садятся, они продолжают работать, вырабатывать энергию до тех пор, пока имеется топливо.

#### **Автомобили на топливных элементах**

Особые надежды на водородные ТЭ возлагают автомобилестроители во всех странах мира. Уже несколько лет назад были начаты работы по созданию таких автомобилей. Если во многих странах мира (США, Германия, Швеция и т. д.) среди первых опытных образцов были городские автобусы – бесшумные и экологически чистые, то в России первым автомобилем на топливных элементах был АНТЕЛ-1 на базе длинной Нивы. Главное отличие новой машины АНТЕЛ-2 от предшественника в том, что вместо громоздких кислородных баллонов установлен компактный компрессор для забора воздуха из атмосферы: кислород получают на борту автомобиля, прогоняя воздух через специальный фильтр. Сжатый водород хранится под давлением 400 атм в сверхпрочных баллонах под полом багажного отсека. Новый компактный электрохимический генератор установлен под капотом – он вырабатывает электрический ток в результате химической реакции между кислородом и водородом. Под генератором расположен электродвигатель мощностью 90 кВт и весом 28 кг, а его КПД больше 90%. Время заправки водородом снизилось с двух часов до 20 минут.

При создании следующей машины АНТЕЛ-3 с топливным процессором водород будет вырабатываться из бензина прямо на борту автомобиля. Пробег на одной заправке увеличивается до 900–950 км.

Компания DAIMLERCRAYSLER недавно продемонстрировала свой первый городской автобус MERCEDES-BENZ CITARO. Первые три автобуса эксплуатировались в Мадриде.

К концу 2003 года 30 подобных автобусов были отправлены в десять городов Европы. Европейская комиссия одобрила программу использования новых экологически чистых, бесшумных автобусов и выделила 21 миллион евро в рамках программы «чистый городской транспорт». Сегодня эти автобусы можно увидеть в Амстердаме, Барселоне, Гамбурге, Лондоне и т. д.

Нулевая эмиссия вредных веществ и низкий уровень шума – это важнейшие преимущества водородных автомобилей, особенно в условиях крупного города.

#### Какие перспективы у водородных автомобилей?

Переход к водороду как к основному энергоносителю через 40–50 лет мог бы существенно изменить энергетическую политику во всем мире и повлиять на развитие экономики.

Однако существует ряд вопросов (технических, экономических и т. д.), которые нужно решать. Так, например, в одном из отчетов Национальной академии США указывается, что переход к водородной энергетике потребует огромных усилий, терпения и времени. По крайней мере в ближайшие 25 лет на рынке энергоресурсов будут доминировать нефть, газ и другие виды топлива.

Хотя в США правительство выделило 1,2 миллиарда долларов для объединения усилий программы Freedom CAR с Департаментом энергетики США по созданию автомобилей на водородных топливных элементах к 2020 году, однако, по мнению авторов отчета, придется в будущем преодолеть очень серьезные изменения и в технологии, и в экономике. Это касается и стоимости, и безопасности, и влияния на окружающую среду. Потребуется создавать водородную инфраструктуру, заправочные станции.

ТЭ – это многообещающие источники энергии для транспорта, но стоимость их должна быть существенно уменьшена, а надежность в работе – повышена.

Необходимо создавать новую систему безопасности для хранения и использования водорода, т. к. это взрывоопасный газ.

Согласно оптимистическому развитию сценария, автомобили с водородными ТЭ на рынке в США могут появиться к 2015 году, а к 2027 году их доля может подняться до 25% от всех транспортных средств.

Очевидно, что на российском рынке без целенаправленной, активной технической политики и приоритетов переход к водородным автомобилям может застаться на неопределенное время.

В России реализуется программа по использованию преимуществ технологий ТЭ благодаря многократным разработкам корпораций «ЭНЕРГИЯ» и НПО «КВАНТ» в рамках российских космических программ. В 2003 году был создан топливный элемент

для массового потребителя, который сможет успешно конкурировать с получающими все большее распространение за рубежом твердополимерными ТЭ.

Космические разработки нашли продолжение в новой «Ладе-АНТЕЛ», энергоустановка которой создавалась ракетно-космической корпорацией «ЭНЕРГИЯ», в частности и для «лунной» программы, и для «Бурана».

Еще в 1996 году было подписано соглашение о создании российско-американского консорциума по ТЭ, однако после этого, благодаря серьезным финансовым вливаниям и государственной поддержке, США сумели выйти в мировые лидеры по продвижению новых технологий в области ТЭ на международном рынке.

В 1997 году Газпром закупил у американской фирмы IFC электрохимический генератор РС-25.

В 2000 году были намерения о создании российско-американского проекта по коммерциализации топливных элементов. Со стороны России в разработке соглашения участвовал Газпром.

Все промышленно развитые страны проявляют повышенный интерес к созданию ТЭ.

Особо значительных успехов добилась Исландия. Сегодня эта страна может стать первой в мире «водородной державой». Для того, чтобы реализовать этот масштабный проект, объединили усилия ряд национальных и транснациональных компаний. Целью этого проекта является создание водородной инфраструктуры, первой в мире водородной экономики и минимизирование применения традиционных видов топлива. Современная Исландия – это «полигон» для внедрения новейших водородных технологий и в большой энергетике, и в мобильной, и на транспорте.

В то же время крупные страны, такие как Германия, Англия, Франция, Япония, Китай и т. д., наращивают свои усилия по расширению и углублению научно-исследовательских, проектных, инженерно-технических проектов. Для этих целей выделяются огромные финансовые ресурсы.

Для обеспечения конкурентоспособности отечественных НИОКР по топливным элементам рядом экспертов предлагается объединить усилия российского бизнеса, правительства и науки в единую национальную программу, как это сделано во многих странах мира.

В 2003 году подписано соглашение о сотрудничестве между Российской академией наук и компанией «Норильский никель». Выделяемые финансовые ресурсы позволяют объединить усилия двух десятков институтов и через несколько лет получить коммерческий готовый продукт – топливный элемент. Параллельно разработка топливных элементов в России ведется по линии Минатома, Газпрома и МНТЦ.

Государственный научный центр «Физико-энергетический институт» в Обнинске также подключился к работе по созданию твердооксидных топливных элементов (SOFC).

Недавно в России прошли успешные испытания энергоустановки на базе твердооксидного ТЭ мощностью 1 кВт. В перспективе стоимость таких электрогенераторов может быть снижена до 400 \$ за 1 кВт установленной мощности, что позволит перейти к их массовому производству.

Правительство США постоянно уделяет внимание развитию экологически чистых источников энергии, и сегодня США являются лидером по реализации крупномасштабных проектов в этом направлении.

Множество государственных структур (департаменты энергетики, транспорта, обороны и т. д.) имеют программы, по развитию технологических ТЭ. Все эти программы нацелены на создание ТЭ, конкурентоспособных на рынке, с традиционными энергоносителями и созданию водородной инфраструктуры.

В этой связи очень тесно работают как государственные структуры, так и частные компании.

Федеральное правительство всемерно поддерживает исследования и развитие через серьезные финансовые, научно-исследовательские и др. вложения. В январе 2002 года было объявлено о проекте по совместной работе крупного бизнеса и правительства по созданию новых экологически чистых автомобилей. Этот проект получил название Freedom CAR. Данная программа является продолжением проекта Partnership for a New Generation of vehicle (PNGV), который реализовывался в 1997–2002 гг.

Сегодня в США почти 30 компаний работают над развитием технологий ТЭ при серьезной поддержке правительства. Этот проект становится национальным, к нему подключаются новые участники.

Freedom CAR – это новая совместная программа научно-исследовательских работ, объединяющая усилия Департамента энергетики (США) DOE и крупнейших автомобильных компаний (FORD, GENERAL MOTORS и DAIMLERCHRYSLER).

Основной целью этой программы является расширение исследований в области передовых автомобильных технологий, которые позволят в будущем радикально уменьшить потребление нефти и оказывать минимальное влияние на окружающую среду.

Проект Freedom Car ставит перед собой следующие задачи по развитию передовых автомобилей:

- они должны быть дешевле в работе,
- иметь нулевую эмиссию вредных веществ,
- конкурентоспособны,
- свободны от импортируемых энергоресурсов.

Так, например, крупная компания Cummins Power Generation работает над перспективными ТЭ. Департамент энергетики США демонстрирует проект по созданию твердых топливных элементов (Solid Oxide Fuel Cell) SOFC мощностью до 10 кВт для выхода на рынок.

К 2011 году планируется разрабатывать топливный элемент, пройти комплекс испытаний и представить его на рынке для широкого применения, в том числе и в автомобилях.

Главное преимущество технологии SOFC заключается в том, что она открывает путь к практическому применению природного газа, жидкого пропана, бензина, дизельных топлив с большой эффективностью и меньшим уровнем эмиссии вредных веществ. ТЭ позволяет утилизировать ископаемые топлива с высокой степенью эффективности, оставляя продукты отхода, такие как водяной пар и небольшое количество диоксида углерода.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водородная энергетика и топливный элемент в России // [www.ug.ru](http://www.ug.ru)
2. Brian Cook. An introduction to fuel cells and Hydrogen technology / Cook Brian. Canada. 2001.
3. DaimlerChrysler – Innovation – Energy for the Future // [www.daimlerchrysler.com](http://www.daimlerchrysler.com)
4. Fuel Cell Technology for Vehicles 282 p. Society of Automotive Engineers. 2004.
5. Future Wheels II: A Survey of Expert Opinion on the Future of Transportation Fuell Cells. NAVC. DARPA. 2003. 52 p.
6. Материалы и проспекты зарубежных компаний и фирм – участников специализированных выставок.