

ВОДОРОДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ

Коровин Н.В

Московский энергетический институт (технический университет)

Красноказарменная ул., 14, Москва, 111250, Россия.

Введение.

Энергетика и транспорт в настоящее время имеют ряд серьезных проблем и прежде всего сырьевых и экологических. В последние годы рост населения принимает взрывной характер. Так если для удвоения населения с начала нашей эры потребовалось 900 лет, то с 1950 года - всего 40 лет. При этом растет потребление энергоресурсов и электрической энергии на душу населения. С 1950 по 1990 год общее энергопотребление на Земле возросло в 4.5 раза, а производство электроэнергии – на порядок. Также примерно на порядок возросло за это время число транспортных единиц. Так как запасы ископаемых природных видов топлива уменьшаются, а КПД их использования в современных энергоустановках и электростанциях невысок (обычно 40 % и ниже), то возникает угроза энергетического кризиса. Быстрый рост производства энергии и числа транспортных единиц вызывает значительное увеличение вредных выбросов в атмосферу, доля энергетики и транспорта в загрязнении атмосферы составляет около 60 %. Сырьевые и экологические проблемы энергетики и транспорта обусловлены самим характером используемых в настоящее время процессов преобразования энергии. Поэтому основным направлением решения проблем энергетики и транспорта должно быть переход на другие способы преобразования энергии, к которым относится электрохимический с использованием энергоустановок (ЭУ) на основе топливных элементов (ТЭ) [1,2].

Достоинства и основные виды ТЭ.

Энергоустановки на основе ТЭ характеризуются многими достоинствами:

- Экологической безопасностью, поскольку удельные выбросы вредных компонентов из ЭУ с ТЭ на 1.5-2.5 порядка ниже выбросов из традиционных ЭУ, они практически

бесшумны и потребляют на порядок меньше воды;

- Высоким КПД (от 40 до 70 %), который относительно мало зависит от установленной мощности и нагрузки;
- Возможностью использования различных видов топлива;
- Модульным характером ЭУ и соответственно быстрым монтажом ЭУ;
- Когенерацией тепла и воды;
- Простотой обслуживания.

К настоящему времени разработаны 5 типов ТЭ: с щелочными (ЩТЭ), фосфорнокислыми (ФКТЭ), твердополимерными (ТПТЭ), расплавленными карбонатными (РКТЭ) и твердооксидными (ТОТЭ) электролитами и ведется разработка ТЭ для прямого окисления метанола (МТЭ). Электролитом в ТПТЭ и МТЭ служит ионообменная мембрана (ИОМ).

Состояние разработок и проблемы ТЭ.

Наибольший интерес в последние годы проявляются к исследованиям и разработкам ТПТЭ и высокотемпературных ТЭ. Исследования ТПТЭ позволили увеличить верхний уровень содержания СО в топливе до 20 ppm., а содержание Pt снизить до 1 мг/см². Толщина ИОМ типа Nafion снижена до десятков микрон, предложены новые эффективные мембраны (фирм Dow XUS, Ballard и Asachi Glass). Тем не менее применяемые ИОМ достаточно дороги (порядка 600 \$/м²). Выпускаемые в России мембраны МФ-4СК значительно дешевле зарубежных мембран, однако воспроизводимость их характеристик недостаточна. В России исследования ТПТЭ ведутся в РФЦ ВНИИЭФ (г.Саров), в Курчатовском институте, УЭХК (г.Новоуральск), ИЭЛАН им. Фрумкина, МЭИ (ТУ) и др. К числу проблем ТПТЭ относятся чувствительность к СО и другим ядам и неравномерность распределения воды.

К достижениям в разработке высокотемпературных ТЭ следует отнести создание ТЭ с внутренней конверсией метана, а также увеличения ресурса ТЭ.

Разрабатываются ТОТЭ трубчатой и планарной конструкций. Проводятся исследования, направленные на снижение рабочих температур. В России высокотемпературные ТЭ разрабатываются и изучаются в ИВТЭ УрО РАН, ФЭИ (Обнинск), РФЯЦ-ВНИИЭФ, РФЯЦ-ВНИИТФ, СКБК (С.Петербург) совместно с СП Технопарк и ВНИИХТ и других. Основными проблемами ТОТЭ являются сложность технологии и некоторые нежелательные диффузионные и химические процессы.

Разработка энергоустановок (ЭУ) на основе ТЭ

Энергоустановки с ЦТЭ (США) нашли применение на космических кораблях. В России (УЭХК и “Энергия” им. Королева) также были созданы и испытаны ЭУ с ТЭ космического назначения, характеристики которых близки к характеристикам американских ЭУ. Однако ЭУ космического назначения очень дороги. Кроме того в этих ЭУ используется дорогое топливо - чистый водород. К наиболее продвинутым к коммерческой реализации следует отнести ЭУ с ФКТЭ, разработанные фирмами Юнайтед Текнолоджи, Фюел Селл (США) и японскими фирмами. Были проведены длительные испытания ЭУ мощностью от 12 до 11000 кВт. Установки мощностью 200 кВт нашли коммерческую реализацию. На различных транспортных устройствах (автобусах, электромобилях, небольших грузовиках и др.) проходят испытания ЭУ с ТПЭ мощностью до 250 кВт производства фирмы Баллард и японских фирм. Однако стоимость этих ЭУ пока очень велика.

Также испытываются стационарные ЭУ с РКТЭ мощностью до 2 МВт (США). ЭУ мощностью 1МВт в Японии была испытана в течение более 5000 часов.

ЭУ с ТОТЭ мощностью до 100кВт прошли испытания в Японии, США и др. странах. Фирма Siemens (FRG) - Westinghouse провела успешные испытания гибридной установки ЭУ с ТОТЭ (170 кВт) - газовая турбина (50 кВт). Таким образом, ЭУ с ТЭ вышли на уровень пилотных и коммерческих устройств.

В МЭИ (ТУ) проведен расчет технико-экономических параметров гибридных установок ЭУ ТОТЭ-ГТУ. Результаты расчета показывают реальную возможность достижения к.п.д установок до 65 % и выше и

снижения стоимости (в России) до 1500 US\$/кВт установленной мощности.

Перспективы применения ЭУ с ТЭ

В настоящее время наметились 3 основных направления применения ЭУ с ТЭ:

- Автономное энергоснабжение отдельных объектов электроэнергией и теплом;
 - Электроснабжение транспорта (электромобили);
 - Крупномасштабная генерация энергии.
- Автономные стационарные ЭУ с ТЭ мощностью до нескольких Мвт могут найти широкое применение для обеспечения электроэнергией и теплом (и при необходимости водой) отдельных поселков, отдаленных районов, островов, кооперативов, ферм, коттеджей, больниц, супермаркетов и т.д. По сравнению с заменяемыми дизель-агрегатами они имеют более высокий КПД и экологическую безопасность. Для этой цели уже применяются ЭУ с ФКТЭ. Рассматривается возможность использования для этой цели ЭУ с ТПЭ и ЭУ с ТОТЭ. Однако возможность их широкого применения появится лишь при снижении их цены в США, Европе и Японии ниже 1500-1000 \$ / кВт и в России – ниже 500-800 US\$ / кВт.

Испытания ЭУ с ТЭ на транспортных устройствах показывает, что они соответствуют основным требованиям, предъявляемым к ЭУ на транспорте. К преимуществу их относится очень низкий уровень выбросов вредных компонентов и более высокий КПД. Стоимость пробега электромобиля на метаноле, отнесенная к 1 км пути, близка к стоимости пробега автомобилей с ДВС. Однако капитальные затраты на ЭУ с ТЭ в настоящее время на два с лишним порядка выше затрат на ДВС. Потребуется не менее 10 лет, чтобы решить проблему снижения цены ЭУ с ТЭ до 100-150 US\$/ кВт. Необходимо также уменьшить удельное содержание Pt примерно на порядок, иначе ее расход лишь на 0.1 % всех автомобилей будет соизмерим с общим потреблением этого металла.

Литература

1. Коровин Н.В. Электрохимическая энергетика. М: Энергоатомиздат .1991.
2. Коровин Н.В. Известия РАН. Энергетика 1997, №4, с.49-65.