

## ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ – ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ БУДУЩЕГО

А.Г. Мануйлов, В.В. Ошовский  
Донецкий национальный технический университет

Топливный элемент (ТЭ) — это устройство, в котором происходит прямое превращение химической энергии топлива в электроэнергию.

В англоязычных источниках их принято называть DCFC - direct coal fuel cell. Эти элементы были изобретены Уильямом Жако и запатентованы в США в 1896 году, патент № 555511.



Топливный элемент, предложенный Жако, состоял из:

- Корпуса – емкости из низкоуглеродистой стали (катод);
- Угольного стержня (анод);
- Воздухоподводящей трубки;
- Печь для нагрева электролита.

В качестве электролита использовался раствор NaOH, хотя возможно применение других.

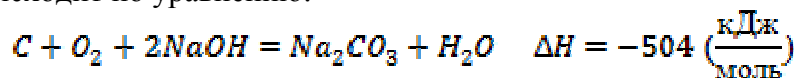
Энергетическая установка из таких элементов показывала КПД до 35%.

Существует много различных конфигураций предложенных самим Жако и другими исследователями.

Для показательного расчета КПД возьмём аппарат с такими данными:

- цилиндрический корпус из стали марки ст2пс диаметром 15 мм и длиной 40 мм;
- графит неизвестного происхождения, длина 20 мм, диаметр 6 мм (1,22 г или 0,102 моль);
- NaOH в качестве электролита;
- средняя мощность за все время работы 31 мВт;
- среднее значение получаемого ЭДС 0,789 В;
- длительность работы более 100 часов;
- сила тока 0,039 А.

Реакция происходит по уравнению:



Для ТЭ определяют термодинамический (идеальный) и реальный КПД.

Применительно к ТЭ идеальный КПД ( $\eta_{и}$ ) представляют в виде

$$\eta_{и} = - \frac{n * F * E_{ср}}{\Delta H},$$

где  $n$  – количество электронов, участвующих в реакции;  $F$  – постоянная Фарадея;  $\Delta H$  – энтальпия реакции;  $E_{ср}$  – средняя разность равновесных электродных потенциалов элемента при полном использовании топлива или электродвижущая сила:

$$E_{ср} = - \frac{\Delta G}{n * F} = - \frac{-451000}{4 * 96485} = 1,17 \text{ В}$$

Тогда

$$\eta_{\text{ц}} = -\frac{4 * 96485 * 1,17}{-504000} = 0,8.$$

Реальный КПД ( $\eta_p$ ) ТЭ определяется как

$$\eta_p = \eta_{\text{ц}} * \eta_F * \eta_s,$$

где  $\eta_F$  – Фарадеевский КПД,  $\eta_s$  – электрический КПД.

Под фарадеевским КПД ТЭ понимают отношение количества электричества, реально полученного в ТЭ от моля восстановителя ( $q_p$ ) к теоретическому количеству электричества ( $q_T$ ), определяемому законом Фарадея.

Реальное количество электричества равно

$$q_p = \frac{I * t}{\nu},$$

где  $I$  – сила тока,  $t$  – время работы элемента,  $\nu$  – количество вещества графита.

$$q_p = \frac{0,039 * 100 * 3600}{0,102} = 137647 \left( \frac{\text{Кл}}{\text{моль}} \right).$$

Теоретическое количество электричества можно определить как

$$q_T = n * F.$$

$$q_T = 4 * 96485 = 385940 \left( \frac{\text{Кл}}{\text{моль}} \right).$$

Тогда Фарадеевский КПД равен

$$\eta_F = \frac{137647}{385940} = 0,36.$$

Электрический КПД определяется как

$$\eta_s = \frac{U}{E_{\text{эф}}},$$
$$\eta_s = \frac{0,789}{1,17} = 0,67.$$

Таким образом, реальный КПД будет:

$$\eta_p = 0,8 * 0,36 * 0,67 = 0,19$$

Это значение для единичного неоптимизированного ТЭ. Практическая электростанция на ТЭ по предварительным расчетам сможет достигать значение КПД в 70-75%, что в 1,5 – 2 раза больше КПД тепловых угольных электростанций.

#### **Выводы:**

- Проведенный анализ показал, что для оптимального функционирования ТЭ необходимо усовершенствовать подачу воздуха, т.к. процесс является гетерогенным и лимитирующей является диффузионная область, усовершенствовать нагрев и сохранение тепла.
- Необходимо разработать систему смены электролита и угольного электрода без необходимости остановки реактора.
- В качестве варьирования условий необходимо подобрать соотношение таких технологических параметров: температура электролита, вид электролита, вид стали для катода, вид угольного анода, расход воздуха, соотношение объема электролита к поверхности угольно электрода.
- ТЭ является экологически чистым источником энергии: высокий КПД позволит снизить расход топливных ресурсов, в ходе реакции в атмосферу выделяется только  $\text{CO}_2$ , оксиды серы и всех других элементов связываются щелочью.