

УДК 661.931

## АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЯХ

**Макаренко М.Г., Кулаков Ю.М., Шопинська А.М.**

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка)*

Перетворюючи енергію хімічного потенціалу безпосередньо на електричну енергію, паливні елементи уникають теплових втрат при перетворенні енергії (наслідок другого закону термодинаміки) і, отже, за своєю природою більш ефективні, ніж ДВЗ, в яких спочатку енергія хімічного потенціалу перетворюється на тепло, а потім в механічну роботу. Крім того під час роботи паливного елемента виділяється тільки вода і ніяких шкідливих викидів, що дає значні екологічні переваги в порівнянні з використанням ДВЗ. А водень, яким заправляються, виробляється за допомогою джерел поновлюваної енергії - наприклад, сонячної енергії, вітру або гідроенергетики. Тобто він є повністю декарбонізованим і поновлюваним паливом з нульовими викидами. Паливні елементи мають невелику кількість рухомих частин, що підвищує надійність та скорочує витрати на технічне обслуговування в порівнянні з двигуном внутрішнього згорання [1].

У ДВЗ до 50% генерованої енергії перетворюється в теплову, а ось електричні приводи втрачають тільки 10%, отже, вони більш ефективні. Ціна - ще один привабливий атрибут водню. Ціни на бензин і дизельне паливо нині досить високі та слід чекати подальшого їх зростання. Але, що стосується водню, недавній аналіз, проведений Bloomberg New Energy Finance прогнозує, що ціна водню може бути нижчою 1,40 долара за кілограм приблизно вже через десять років. Ще однією перевагою є швидкий час зарядки. Залежно від зарядної станції і ємності акумулятора повністю електричному транспортному засобу потрібно від 30 хвилин до декількох годин для повної зарядки. Водневі баки заповнюються і готові до роботи вже через три - п'ять хвилин. Для водіїв це досить зручно, тобто, як у звичайного автомобіля [2].

Параметри роботи автомобілів на паливних елементах не залежать від температури зовнішнього повітря, отже, їх характеристики не знижуються в холодну пору року.

Крім того, системи паливних елементів забезпечують роботу електродвигунів з таким же високим крутним моментом, як і акумуляторні електромобілі, але при значно меншій вазі та розмірах. А це означає, що їх можна легко масштабувати без значного збільшення ваги, що особливо важливо для важкого автотранспорту. Зважаючи на ці чинники, водень може стати альтернативним паливом для автомобілів і особливо для великих вантажівок. Нині більше 80% лідерів автомобільної промисловості вважають FCEV найбільш вірогідним рішенням в найближчому майбутньому для забезпечення мобільності на великі відстані [3].

Кількість енергії, вироблюваної паливним елементом, залежить від декількох чинників, включаючи його тип, розмір, температуру, при якій він працює, та тиск, при якому газ подається в елемент. Один осередок паливного елемента виробляє занадто мало енергії, тому їх об'єднують послідовно в «стопку», в якій їх може бути сотня. Автомобілі, що використовують паливні елементи на чистому водні є «транспортними засобами з нульовим рівнем викидів», де єдиним джерелом викидів є водяна пара, важливо враховувати повний паливний цикл або викиди «до коліс» (у тому числі викиди при виробництві палива, транспортуванні та використанні). Первинне джерело водню має вирішальне значення для екологічних характеристик транспортних засобів. Водень, вироблюваний з поновлюваних джерел енергії (тобто енергії вітру або сонця процесом електролізу) та використовуваний в паливних елементах, може значно зменшити загальні викиди транспортних засобів. Нині найбільшим недоліком FCEV є обмеження можливостей заправки. Заправка водневого двигуна здійснюється за допомогою спеціальних паливних насосів, які у майбутньому, ймовірно, знайдуть своє застосування на звичайних заправних станціях. Проте, нині їх існує занадто мало. Ще одна проблема - вартість транспортного засобу, оскільки паливний елемент дорожчий у виробництві, ніж ДВЗ. Як правило, FCEV дорожче, ніж гібрид, а гібрид, дорожчий, ніж автомобіль з бензиновим двигуном. При існуючих цінах на паливо альтернативні силові установки важко виправдати тільки за рахунок витрат, необхідно враховувати також екологічні переваги. Оскільки у FCEV системи складніші, то вимагається більш ретельне обслуговування для забезпечення безпеки. Крім того, витрати на ремонт і технічне обслуговування можуть бути вищі. Тиск водню усередині балонів автомобіля при заправці досягає 70 МПа. Значить, щоб досягти циклу швидкої зарядки продовж близько 3 хвилин, водень на заправному устаткуванні необхідно стиснути приблизно до 100 МПа, для забезпечення достатнього потоку. Це рівень тиску, який перевершує більшість доступних стандартних типів компресорів. Паливні елементи дуже чутливі до забруднення водню, що подається до них. Домішки можуть привести до безповоротного пошкодження мембрани та паливного елемента в цілому. Система стискування має велику роль в цьому, оскільки вона може бути основним джерелом забруднення. Тому діафрагмовий компресор високого тиску є найбільш ідеальним варіантом через відсутність мастила та зношуваних деталей в камері стискування, але він досить дорогий.

### Список літератури:

1. Н. Макаренко. Водородные топливные элементы — революционный шаг в автомобильных перевозках. Наука и техника №4. 2021. с. 47 - 52 <https://naukatehnika.com/vodorodnyie-toplivnyie-elementyi-revolyuczionnyij-shag-v-avtomobilnyix-perevozkax.html>.
2. V. A. Kulagin, D. A. Grushevenko Will Hydrogen Be Able to Become the Fuel of the Future? <https://link.springer.com/article/10.1134%2FS0040601520040023>
3. International Journal of Hydrogen Energy, 34, 6005-6020.