

УДК 662.769.2 : 656.073

*Н.В. ВНУКОВА*, канд. геогр. наук, доц., ХНАДУ, Харьков

## **ПРОБЛЕМА МОБІЛЬНОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДНЮ**

В статті розглядаються питання застосування водню в енергетичних цілях, як палива. Проблеми та методи його збереження в зв'язаному стані і транспортуванні. Надано характеристику п'яти видів паливних елементів.

**Ключові слова:** водень, паливний елемент, зв'язаний стан.

В статье рассматриваются вопросы использования водорода в энергетических целях, как топлива. Проблемы и методы его сохранения в связанном состоянии и при транспортировке. Дана характеристика пяти видов топливных элементов.

**Ключевые слова:** водород, топливный элемент, связанное состояние.

In the article the questions of the use of hydrogen are examined in power aims, as a fuel. Problems and methods of its preservation in the bound state and during transportation. Characteristics of five types of fuel cells.

**Keywords:** hydrogen, fuel element, a bound state .

### **1. Вступ**

Напрямок сучасних розробок щодо застосування водню в енергетичних цілях, що найбільш динамічно розвивається, є електрохімічні генератори енергії – паливні елементи (ПЕ). У ПЕ здійснюється подача палива й окислювача на розділені електролітом електроди, в результаті чого електрохімічно реалізується процес окислення, з виробленням електроенергії.

Водневий паливний елемент (електрохімічний генератор) – пристрій, який перетворює хімічну енергію палива, в даному випадку водню, в електричну. В процесі електрохімічної реакції прямо, на відміну від традиційних технологій, при яких використовується спалювання твердого, рідкого і газоподібного палива. Пряме електрохімічне перетворення палива дуже ефективно і привабливо з погляду екології, оскільки в процесі роботи виділяється мінімальна кількість забруднюючих речовин, а також відсутні сильні шуми і вібрації.

### **2. Постановка завдання**

Проблеми охорони навколишнього середовища, зростання попиту на енергію та збільшення ціни на паливо змушують світові спільноту звернути увагу на пошук нових енергетичних та паливних технологій. Використання водню як паливного елементу може стати одним з способів вирішення цього питання.

### **3. Аналіз останніх досліджень**

Останніми роками багато уваги приділяється розробці і використанню в автомобільному транспорті водню як палива для двигунів. Зазначена проблематика відображена в роботах таких вчених та спеціалістів як: Кавтарадзе

Д.М., Каніло П.М., Лаврик А.М., Абрамчук Ф.І., Куценко А.С., Лушпа А.І., Тарасов Б.П. та ін.

#### **4. Формування цілей та викладення основного матеріалу**

У найпростішому паливному елементі, де використовуються чистий водень і чистий кисень, на аноді під дією каталізатора відбувається розкладання водню і його іонізація. З молекули водню утворюються два іони водню і два електрони. На катоді водень з'єднується з киснем і виникає вода.

На відміну від гальванічних елементів реагенти в паливних елементах не сполучені з електродами, а зберігаються окремо і підводяться до них по мірі протікання хімічних реакцій. Самі електроди в реакцію не вступають, але є каталізаторами цих реакцій. Їх функція – відбір електронів від відновлювача і передача їх окислювачеві. У паливних елементах протікає реакція окислення палива, у підсумку утворюється електроенергія, продукти окислення палива і теплота.

При використанні чистого водню як паливо продуктами реакції крім електричної енергії є тепло і вода (або водяна пара), тобто в атмосферу не викидаються гази, що викликають забруднення повітряного середовища або викликають парниковий ефект.

В залежності від виду електроліту, який використовується в паливному елементі, їх можна умовно розділити на п'ять груп:

– Лужні ПЕ (в англійській літературі застосовується абревіатура AFC), використовується 35 – 50 % водний розчин лугу як електроліт і експлуатується при температурі до 100-120 °С (ПЕ на концентрованих, до 85 %, розчинах лугу використовується при температурах до 250 °С). ПЕ даного типу є найбільш відпрацьованими, зокрема, вони широко застосовуються в автономних енергосистемах, таких як системи в космонавтиці і військово-морському флоті. Їх основним недоліком є неприпустимість наявності CO<sub>2</sub> як у паливі, так і в окислювачі.

– ПЕ з електролітом на основі полімерної іонообмінної мембрани з протонною провідністю (PEMFC). Мембрана являє собою тонку плівку на основі фторованих кислотних полімерів з нанесеним по обидві сторони електрокаталізатором (метали платинової групи). Мембрана розташовується між газопроникними електродами, аналогічно виконанню електролізерів із твердим полімерним електролітом. Робоча температура ПЕ даних типів складає 60-80 °С. Хоча використання таких ПЕ допускає наявність CO<sub>2</sub> у паливі або окислювачі (це, зокрема, обумовлює можливість їх тривалої роботи з використанням в якості окислювача атмосферного повітря), присутність інших домішок (оксид вуглецю, сполуки сірки) є небажаним. Крім цього, паливо або окислювач які подаються повинні бути зволожені, оскільки висихання мембрани призводить до її виходу з ладу.

– ПЕ з фосфорнокислим електролітом (PAFC). В якості електроліту використовують концентровану (100 %) фосфорну кислоту, якою просочена несуча матриця на основі карбиду кремнію. Ці паливні елементи працюють в діапазоні температур від 150 до 220 °С. В даний час такі ПЕ витісняються паливними елементами інших типів, які перевершують їх за експлуатаційними

характеристиками, ефективністю й економічністю.

– Електролітна частина ПЕ на основі розплавів карбонатів (MCFC) являє собою керамічну матрицю ( $\text{LiAl}_2$ ), просочену розплавом суміші карбонатів лужних металів (літію, натрію, калію). ПЕ даного типу працюють при температурі 600–700 С, не вимагаючи для своєї роботи застосування електрокаталізаторів. За своїми робочими характеристиками даний вид ПЕ аналогічний фосфорнокислим. В силу своєї потенційної дешевини, його планують застосовувати в майбутньому для створення стаціонарних енергоустановок, поряд з розглянутими нижче ПЕ на основі твердооксидних електролітів.

– Твердооксидні ПЕ (SOFC) використовують як електроліт кераміку на основі оксиду цирконію. Даний вид ПЕ працює при температурі 900–1000°C та є найбільш перспективним для роботи в складі великих стаціонарних енергоустановок. В високотемпературних ПЕ (MCFC і SOFC) використовують в якості окислювача атмосферне повітря та як паливо – водень, метан і багато інших палив. Єдиним недоліком даних видів ПЕ є небажаність частих пусків та зупинок.

Останнім часом провідні фірми світу одна за іншою демонструють моделі, в яких двигун внутрішнього згоряння замінено на паливні елементи. Наполегливий інтерес до них легко пояснюється: такі установки не тільки забезпечують нешкідливий «вихлоп», але і дозволяють різко скоротити споживання вуглеводного палива, запаси якого аж ніяк не безмежні. Ні акумуляторні електромобілі, ні малотоксичні ДВЗ не вирішують екологічну проблему настільки радикально.

За оцінкою фахівців, масове застосування паливних елементів буде можливо, якщо їх вартість складе 1–2,5 тис. дол. за кВт. В даний час ряд компаній–виробників вже оголосили про можливе швидке досягнення таких показників.

Центральним агрегатом «воднемобіля» є блок паливних елементів або електрохімічний генератор. Він являє собою контейнер з безліччю осередків (власне паливних елементів), де з'єднуються водень (з балона) та кисень (з атмосферного повітря), в наслідок цієї реакції утворюється вода і виникає електричний струм, що обертає мотор.

Основними пріоритетами нових розробок в області ПЕ є підвищення їх ресурсу роботи і ККД, а також зниження вартості.

Однією з основних проблем, що перешкоджають широкому застосуванню водню в енергетику, є проблема його мобільного збереження і транспортування, оскільки жоден з існуючих в даний час способів збереження водню не задовольняє техніко-експлуатаційним вимогам, що пред'являються [1, 2].

В даний час в якості найбільш компактного і безпечного способу розглядається збереження водню в зв'язаному стані: з використанням гідрид утворюючих металів і сплавів, воднесорбуючих матеріалів з високою питомою поверхнею, металогідрид-вуглецевих і амід-імідних композитів, металів і гідридів, що гідролізуються, органічних сполук, що оборотно гідрируються. Передбачається, що такий підхід дозволяє, при варіюванні складу водень-акумулюючих матеріалів, створювати пристрої – генератори водню, що відповідають конкретним технологічним вимогам споживача.

Основними перевагами металогібридних систем збереження зв'язаного водню є висока об'ємна щільність водню, прийнятний інтервал робочих тисків і температур, сталість тиску при гідруванні і дегідруванні, можливість регулювання тиску і швидкості виділення водню, компактність і безпека в роботі. Разом з тим є й істотні недоліки: висока чутливість до хімічно активних газових домішок, недостатньо висока швидкість «зарядки» і «розрядки» акумулятора, проблеми тепло- і масообміну, висока теплота утворення гібридної фази, необхідність охолодження для швидкого заправлення і нагрівання для швидкого виділення водню.

## **5. Висновки**

Подальші зусилля повинні бути спрямовані на пошук нових водень-акумуляуючих матеріалів, які поглинають водень при температурі навколишнього середовища і тиску до 35 МПа. Крім того, в останні роки активно використовуються легкі композитні метал-полімерні балони, до яких можна помістити низькотемпературні водень-акумуляуючі матеріали. Така гібридна система може наблизитися за своїми техніко-експлуатаційними характеристиками до сучасних вимог, які висуваються до мобільних систем збереження водню.

**Список літератури:** 1. *Тарасов Б.П.* Проблемы и перспективы создания материалов для хранения водорода в связанном состоянии [Текст] / Б.П. Тарасов // *Альтернативная энергетика и экология.* – 2006. – № 2. – С. 11-17. 2. *Тарасов Б.П.* Методы хранения водорода и перспективы использования гидридов для аккумуляирования водорода [Текст] / Б.П. Тарасов, М.В. Лотоцкий, В.А. Яртысь // *Российский химический журнал.* –2006. – № 6. – С. 34-48.

*Поступила в редколлегию 23.11.2011*