

3. Mehrdad Ehsani Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles. Fundamentals, Theory, and Design/ Yimin Gao.. - CRC PRESS. 2005. -419c
4. <http://irsgroup.com.ua/>
5. <https://hevcars.com.ua/>

Авраменко А.М., канд.техн.наук,¹

Соловей В.В., д-р техн.наук¹,

Внукова Н.В., д-р техн.наук²

¹ Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України,
(м. Харків, Україна)

² Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків,
Україна)

АНАЛІЗ КОНКУРЕНТОЗДАТНОСТІ ВОДНЮ ЯК МОТОРНОГО ПАЛИВА В ТРАНСПОРТНИХ ЕНЕРГОУСТАНОВКАХ

Аналіз результатів закордонних досліджень свідчить, що подорожчання водневого автомобіля при виході на комерційне використання оцінюється в розмірі близько 20–30 % порівняного з бензиновим аналогом.

Тому для коректного порівняння ефективності водневих технологій варто аналізувати повні витрати енергії на реалізацію життєвого циклу виробу з урахуванням екологічних факторів, характерних для кожного з етапів. Результати такого комплексного аналізу є основою вибору пріоритетних напрямків інноваційної діяльності й розробці стратегії розвитку автомобільного транспорту.

Враховуючи, що використання відновлювальних джерел енергії є пріоритетним напрямом енергетичної політики розглянемо техніко-економічні показники електролізних технологій виробництва водню при використанні електроенергії, яку отримано від вітрової електростанції та електростанції на сонячних фотоелектричних перетворювачах.

При проведенні аналізу були використані наступні вартісні параметри основних елементів технологічних схем:

1. Електролізер високого тиску (30,0 МПа) – 12000 дол. США /м³ Н₂.
2. Металогідридний термосорбційний водневий компресор – 1000 дол./м³ Н₂ .
3. Установа по скрапленню водню на базі металогідридного термосорбційного водневого компресору – 60000 дол США./кг Н₂.
4. Система зберігання водню в стислому вигляді (70,0 МПа) – 2000 дол. США /кг Н₂.
5. Система зберігання рідкого водню – 3000 дол. США/кг Н₂ .

Для зберігання водню розглянуто технології його накопичення під тиском в газоподібному стані та криогенний спосіб зберігання зрідженого водню. Визначено, що при умовах зберігання водню під тиском у газоподібному стані обходиться в 5–6 разів дешевше, ніж при криогенному способі, внаслідок того,

що вартість ємностей та витрати на компримування водню істотно нижче сумарних витрат на зрідження, зберігання водню і його реконденсацію.

Для транспортування стислого водню пропонується використовувати вантажні автомобілі з ємностями високого тиску, для зрідженого водню – вантажні автомобілі із криогенними танками.

Сучасні технології виробництва ємностей, що працюють під високим тиском, зокрема з композитних матеріалів, дозволяють суттєво знизити матеріалоемність балонів. При виготовленні таких балонів використовується тонкостінна металева оболонка (лейнер) з нержавіючої сталі або алюмінію, яка істотно підсилюється оболонкою з композитного матеріалу. У порівнянні із суцільнометалевим питома маса балона знижується в 2–3 рази. Компанія "Quntum-Tecstar" розробила для водню металокompозитні заправні баки для автомобільного транспорту на робочий тиск 70 МПа.

При такому тиску питомий обсяг зберігання газоподібного водню наближається до питомого обсягу його зберігання в рідкому стані. Для транспортування газоподібного водню розроблено конструкцію автопричепа, основу якого становлять 10 штук сферичних ємностей високого тиску зі сталі 12ХН2МДФ-Ш об'ємом 0,9 м³ з робочим тиском 31,3 МПа, які виготовлено ВАТ "Сумське машинобудівне наукове виробниче об'єднання ім. Фрунзе". Середній обсяг перевезення водню одним вантажним автомобілем становить близько 1400 кг для газоподібного водню під тиском і приблизно 1600 кг для рідкого водню.

Вартість доставки водню на відстань 1000 км буде становити: для газоподібного водню – 3,0 дол. США /кг при автомобільних перевезеннях, і для рідкого водню – 4,0 дол. США /кг.

Наступною складовою витрат при використанні водню є витрати на заправлення автомобілів на рідкому і на газоподібному водні під тиском. Капітальні витрати на створення автономної заправної станції для стислого водню становлять ~270 тис. дол. США (для зрідженого водню – 450 тис. дол. США).

При терміні служби устаткування на роздавальній колонці для стислого водню 15 років та 10 років для зрідженого газу вартість водневого палива у споживача зростає на 0,3 дол. США /кг для стислого водню і на 0,5 дол. США /кг для рідкого. Таким чином, інфраструктурні витрати в сумі збільшують вартість водню (додатково до вартості його одержання) в баці автомобіля на 0,1–1,5 дол. США /кг для газоподібного водню і приблизно на 2,3–3,0 дол. США /кг для зрідженого, що повністю виключає його з поля конкурентоздатних технологій в автотранспортній інфраструктурі.

Для підвищення ефективності використання водню, виготовленого за допомогою вітрових електростанцій (ВЕС) необхідно суттєве зниження вартості ВЕС, у першу чергу за рахунок складової вартості фотоелектричних перетворювачів.

У таблиці 1 наведено результати розрахунку повних витрат енергоресурсів, що виникають при використанні традиційних моторних палив і водню, котрий одержують на базі різних технологій його виробництва. Такий комплексний підхід дозволяє обґрунтовано підійти до економічної оцінки збитків у результаті використання різних водневих технологій на автотранспорті.

Як випливає з даних табл. 1 технології потребують від 2700–3700 МДж/1000 км. В той час, як для водневого авто, цей показник не перевищує 2250 МДж/1000 км.

При цьому безпосередньо в процесі експлуатації автомобіля витрачається від 40 до 70 % енерговитрат, а інші розподілені приблизно нарівно між витратами на одержання моторних палив та виготовлення автомобіля, включаючи матеріали. Сумарні питомі викиди CO₂ протягом життєвого циклу виробу сягають 200–250 кг/1000 км, а інших забруднювачів – від 2,0 кг для дизельного палива та до 2,5 кг для бензину. У випадку використання поновлюваних джерел енергії, (зокрема ВЕС) для одержання водню шляхом електролізу зазначені показники становлять 75 %, що свідчить про доцільність залучення в сферу практичного використання у водневій інфраструктурі вітроенергетичного потенціалу.

Таблиця 1 - Оцінка повних витрат енергії та викидів до атмосфери при використанні різних паливних технологій в автомобільному транспорті

Тип виробництва	Водень (електроліз ВЕС)	Бензин	Дизельне паливо
Всього енергія, МДж/1000 км	2250	3700	2700
Паливний цикл, %	28	17	14
Експлуатація автомобіля, %	41	66	66
Виробництво автомобіля та рециклінг, %	31	17	20
Викиди кг/1000 км			
CO ₂	76	23,9	21,5
VOC (volatile organic compounds)	16,6	33,2	23,3
CO	27,2	135,3	84,0
NO _x	11,0	22,8	22,2
ТЧ 2,5–10 мкм	12,5	12,2	11,7
ТЧ менш ніж 2,5 мкм	4,6	5,1	4,9

У підсумку на основі розглянутих технологій виробництва водню і його використання в автотранспорті та з урахування даних щодо оцінки викидів у навколишнє середовище було отримано значення очікуваної вартості 1000 км пробігу автомобіля за основними її складовими: паливний цикл (виробництво палива, його доставка, зберігання та заправлення на автозаправні станції (АЗС); витрати на виробництво автомобіля (вартість автомобіля, страхування, обслуговування, амортизація, ремонти та ін.), витрати на здійснення процедури рециклінгу та витрати на відшкодування екологічного збитку (оцінка в грошовому еквіваленті негативного впливу забруднюючих речовин на здоров'я

людей при використанні автомобіля). По мірі зростання пробігу автомобіля в міських умовах внесок екологічної складової проявляється більш суттєво, що дає додаткові переваги технології використання водню, як моторного палива.

Як виходить з наведених даних, оцінка повної вартості 1000 км пробігу робить водневий автомобіль на газоподібному водні цілком конкурентоздатним у порівнянні з автомобілем з бензиновим двигуном, якщо водень одержують шляхом електролізу води з використанням енергії ВЕС. У міру освоєння цих технологій варто очікувати вдосконалювання їх техніко-економічних показників, що підвищить соціально-економічну привабливість цієї транспортної складової водневої енергетики.

Лин Х., директор¹

Авраменко А.Н., канд.техн.наук²

Зипунников Н.Н., канд.техн.наук², E-mail: zipunnikov_n@ukr.net

Воробьева И.А., главный технолог²

¹ Tianjin EUR-CN Clean Energy Technology Co (г.Тяньцзинь, Китай)

²Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины (г. Харьков, Украина)

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТРАНСПОРТНОЙ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Основными аргументами, свидетельствующими в пользу расширения масштабов производства и использования водорода, является имеющийся, но фактически не используемый в Украине, значительный потенциал ветроэнергетических ресурсов для получения экологически чистого энергоносителя – водорода.

В настоящее время основными ресурсами для получения водорода является органическое сырье, что не позволяет рассматривать его в качестве потенциального ресурса в связи с всевозрастающим их дефицитом.

Производство экологически чистого энергоносителя не должно осуществляться с загрязнением окружающей среды, снижая экономический эффект от внедрения водородных технологий.

Поэтому в качестве перспективных источников энергии для производства водорода, в первую очередь, следует рассматривать возобновляемые виды энергии, запасы которых характерны для многих регионов Украины.

В качестве проектов, которые могут быть реализованы в кратчайшие сроки с максимальной экономической эффективностью и имеющих большое значение для экономик Китая и Украины можно выделить работы, направленные на повышение эффективности использования энергии ветра и солнца в инфраструктуре топливно-энергетического комплекса на основе использования водородных технологий.