

Пасивна безпека автомобіля має вирішальне значення для зменшення травматизму та смертності в результаті дорожньо-транспортних пригод. Застосування новітніх технологій в автомобілях, таких як подушки безпеки, системи стабілізації, інтелектуальні ремені безпеки та посилені зони деформації, значно підвищує рівень захисту водія та пасажирів.

Проте, важливо зазначити, що всі ці системи є ефективними лише у поєднанні з активними заходами безпеки, такими як використання ременів безпеки, дотримання правил дорожнього руху та забезпечення належної кваліфікації водія.

У майбутньому варто очікувати подальшого вдосконалення технологій пасивної безпеки, зокрема інтеграції інтелектуальних систем безпеки, які зможуть не лише реагувати на аварійні ситуації, але й попереджати їх. Прогрес у матеріалознавстві також може призвести до створення більш легких і міцних конструкцій автомобілів, що підвищить ефективність систем пасивної безпеки.

Література

1. Кашканов А.А., Грисюк О.Г. Безпека руху автомобільного транспорту. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2005. - 177 с.
2. Іващенко М.В. Основи керування автомобілем, безпека дорожнього руху та медичне забезпечення безпеки дорожнього руху. – 2000. – 261с.
3. <https://service-airbag.com.ua/uk/statti/podushki-bezpeki-v-avto-vidi-ta-funkcziyi/>

Науковий консультант Ярига О.О., доцент кафедри автомобілів імені А.Б.Гредескула, канд. техн. наук

Тонкашев Семен, ст. гр. АА-41-22
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ

У наш час уряди багатьох країн встановлюють все більш амбітні цілі для водневого сектора, що дійсно може відіграти ключову роль у досягненні мети нульових викидів (Net Zero) до 2050 року. Водень може бути використаний як джерело енергії двома різними способами: в електрохімічних паливних елементах (комірках) і за допомогою згоряння. В 2007 році компанія Toyota випустила перший гібридний автомобіль, що працює на водневих паливних комірках (Toyota Mirai) з електричним двигуном потужністю 113 кВт. Замість двигуна внутрішнього згоряння цей автомобіль має стек (блок) паливних комірок, що виробляють електричний струм. Транспортні засоби на паливних комірках (Fuel-cell electric vehicles FCEVs) з використанням водню належать до

транспортних засобів з нульовими викидами переваги автомобілів на водневих паливних комірках:

- 1) запас ходу може бути досягнутий за допомогою достатньої кількості водневих баків високого тиску. Останні можуть бути розміщені в різних місцях, що дозволяє оптимізувати доступний об'єм, підвищуючи придатність для перевезення пасажирів і місткість багажника;
- 2) номінальна тягова потужність, отримана за певної маси та швидкості автомобіля та нахилу дороги, досягається при поєднанні потрібної кількості основних систем паливних комірок;
- 3) заправка баків є простою та швидкою, що дозволяє не тільки зменшити вартість зарядних станцій порівняно з зарядними станціями, призначеними для електромобілів, так і досягти інтенсивного використання водню, в таких транспортних засобах, як таксі чи автобуси;
- 4) автомобілі на паливних комірках дуже безпечні навіть у разі автомобільних аварій. Безпека в основному базується на тому, щоб отримати витік, який залишається нижче рівня горючості водню. Така конструкція досить проста і орієнтована на бак як ключовий пристрій. Проте водневі паливні комірочки достатньо дорогі, оскільки потребують використання платинових матеріалів з високою каталітичною активністю [1].

Перспективними також для України можуть стати паливні комірочки з інших матеріалів. Такі комірочки, на основі цирконію, розроблені в Київському інституті матеріалознавства ім. Францевича. Також цьому сприяє наявність великої кількості в Україні двоокису цирконію.

Автомобілі на водневому паливі умовно можна розділити на три класи.

- Перший - це машини зі звичайним двигуном внутрішнього згоряння, який працює на водні або водневій суміші. Такі моделі можуть працювати на чистому водні або 5–10 % водню додають до основного палива. В обох випадках ККД двигуна збільшується (у другому випадку приблизно на 20 %) і вихлоп стає набагато чистішим (вміст чадного газу (CO) і вуглеводнів (C_nH_m) зменшується в півтора рази, оксидів азоту (N_nO_m) - до п'яти разів). Такі двигуни й автомобілі були сконструйовані й пройшли всі випробування у нас і за кордоном приблизно ще у 1970–1980-х роках. Однак, з огляду на витрати і складності конструкторського плану, цей тип може розглядатися тільки проміжним, перехідним етапом на шляху до третього типу.
- Другий - це машини з двома електроносіями, так звані гібридні, їх колеса рухає електропривод, енергію якому постачає акумулятор, що у свою чергу заряджається від високо-економічного двигуна внутрішнього згоряння, що працює на водні або суміші водню з бензином. Це дуже вигідно, адже ККД електродвигуна сягає 90–95 % на відміну від бензинового (35 %) або дизельного (50 %). Таким чином, загальний ККД підвищується до 30 %, відповідно знижується витрата палива. Навіть якщо для підзарядки акумулятора використовується бензин, об'єм шкідливих викидів дозволить вкластися в норми «Євро-4» із десятикратним запасом. Але другий тип не можна розглядати завжди як 100 відсотково водневим. Різновид такого

автомобіля представив Mercedes-Benz, назвавши його Mercedes-Benz GLC F-CELL.

- Третій - справжній водневий автомобіль — це машина з електродвигуном, який працює від паливного елемента, що знаходиться в автомобілі. Теоретично ККД паливного елемента, що працює на суміші водень-повітря, може перевищувати 85 %. Зараз вже вдалося одержати двигуни з ККД близько 75 % — це більш ніж удвічі вище відповідного показника найкращих двигунів внутрішнього згоряння. В умовах міста такі машини одержать п'ятишестиразову перевагу над звичайними автомобілями.

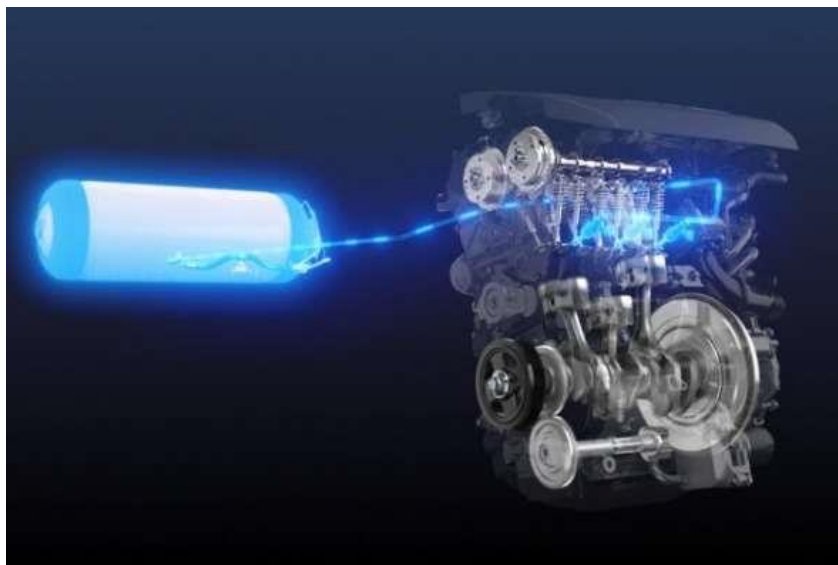


Рисунок 1 - Toyota розробляє водневий двигун для гоночного автомобіля



Рисунок 2 - Yamaha спроектувала водневий двигун для Toyota

Паливний елемент

Паливний елемент, що працює на водні, - по суті і є водневим двигуном. Паливний елемент (інакше — електрохімічний генератор) - це пристрій для перетворення хімічної енергії на електричну. Те ж відбувається й у звичайних електричних акумуляторах, але в паливних елементах є дві важливі відмінності: по-перше, вони працюють доти, поки надходить паливо; по-друге, паливний елемент не потрібно перезаряджати.

Паливний елемент складається з багатьох десятків комірок, кожна приблизно в сантиметр завтовшки. Кожна комірка складається з двох електродів, розділених електролітом. На один електрод (анод) підводиться паливо (водень), на інший (катод) — окисник (кисень повітря). Водень тут не згоряє, хімічна реакція окиснення відбувається при низькій температурі в присутності каталізатора. Мета роботи пристрою, використовуючи цю реакцію, розділити позитивний і негативний заряди в просторі й створити між ними напругу [2].

Тому електроліт, який заповнює простір між електродами, повинен мати здатність пропускати крізь себе протони (тобто йони водню) і не пропускати електрони. На аноді водень розпадається на електрони і протони, далі протони проходять крізь шар електроліту, досягають катода і, з'єднуючись із киснем, утворюють воду.

Однак у питаннях отримання якісного й недорогого електроліту наука поки що зазнає величезних труднощів. Полімерний електроліт американської фірми «Дюпон» коштує близько 700 євро за м², а на батарею для середнього автомобіля потрібно десятки квадратних метрів такого матеріалу. Зрозуміло, що при такій вартості електроліту неможливо налагодити серійний випуск водневих автомобілів. Ученими всього світу ведуться інтенсивні дослідження з метою здешевлення цього матеріалу й використання його при більш високих температурах (150–200 °C).

Загалом, паливний елемент на водні цілком готовий до застосування. Бракує дрібниці: зробити його компактнішим і дешевшим.

Водневий транспорт став одним із новітніх трендів в розвинутих країнах світу у боротьбі зі шкідливими викидами в атмосферу і, назагал, у протидії глобальному потеплінню. Втім, сьогодні йдеться радше про експериментальні, «модельні» проекти, оскільки в економічному сенсі авто на водневих двигунах є наразі «дорогим задоволенням». Насправді водневі двигуни давно використовують в інших сферах, і тільки зараз їх активно розробляють для легкових автомобілів. В автобусах, поїздах, літаках і водному транспорті це вже аж ніяк не дивина. Крім того, водень використовується в складських навантажувачах, електрокарах для гольфу, в сервісних автомобілях і спецтехніці. Електростанції на водні здатні забезпечувати окремі підприємства або цілі невеликі міста.

Паливні баки таких автомобілів заповнюються стисненим воднем замість бензину. Паливні елементи мають спеціальну мембрану, що розділяє анод і катод. Всі вони притягуються до мембрани, вкритої каталізатором, і в результаті реакції утворюється пара та струм. Загалом, водневий автомобіль

можна назвати електромобілем. Єдина відмінність полягає в принципі роботи акумулятора. Ємність батареї може бути значно збільшена до 10 разів у порівнянні з літій-іонним акумулятором. Він також може заряджатися швидше - для поїздки на 500 км достатньо кількох хвилин. Головні переваги автомобілів що працюють на водневому паливі, обумовлена характеристиками цього двигуна. Водневі паливні елементи - це електрохімічні пристрої, які виробляють електрику шляхом реакції водню і кисню, подібно до батареї.

Першою перевагою водневих двигунів є їхня екологічність. Викиди шкідливих речовин майже нульові - виділяється лише вода, енергія та тепло. Друга перевага полягає в тому, що водень є дуже енергоємним паливом: 1 грам водню дозволяє забезпечує втричі більше енергії, ніж 1 грам бензину. Таким чином, водневий автомобіль може проїхати в 2,5-3 рази більшу відстань, що еквівалентна енергоємності та об'єму галона (3,8 літра) бензину. Третьою перевагою водневих транспортних засобів полягають в їхній компактності та безшумній роботі двигуна під час виробництва електроенергії та у швидкості заправки.

Нова технологія дозволяє заправляти водневі баки набагато швидше, ніж електромобілі, майже так само швидко, як заправляють бензин (до п'яти хвилин). Крім того, робоча температура водневих батарей дуже низька - в діапазоні від 80°C до 100°C, залежно від типу батареї. Останньою перевагою є запас ходу в 500-600 км, що більше ніж у будь-якого електромобіля. До речі, різниця з бензиновими автомобілями не така вже й велика: більшість з них можуть похвалитись дальністю поїздки з повним баком в 800-900 км. Експерти галузі не виключають, що з технологічний розвиток дозволить водневим автомобілям протягом декількох років зможуть досягти характеристик з двигунами внутрішнього згорання [3].

Водневі транспортні засоби мають деякі дуже серйозні недоліки, які створюють серйозні перешкоди для їх масового виробництва та експлуатації навіть у розвинених країнах.

По-перше, це – вартість водню дуже велика.

У США галон бензину коштує приблизно 3,1 долара, а еквівалентна ціна 1 кг водню – 8,6 долара. Наприклад, заправка бака одного з перших легкового авто на водні "Toyota Mirai" 5 кг водню, якого достатньо для проїзду на 700 км, коштуватиме аж майже 50 дол.

Водневі батареї містять платину - один із найдорожчих металів у світі. Здорожують двигун і додаткові заходи безпеки: зокрема, необхідні високовартісні спеціальні системи зберігання та баки з вуглепластику, щоб уникнути вибуху.

По-друге, порівняно з електромобілями інфраструктура ще недостатньо розвинена. Для заправки воднем потрібні спеціальні станції, які значно дорожчі, ніж звичайні. Навіть у багатій Німеччині, яка робить ставку на водневі технології, сьогодні працює трохи більше 100 заправних станцій.

По-третє, низькі обсяги видобутку «зеленого» водню за допомогою електролізу і відновлювальних джерел електроенергії, що є найбільш екологічною технологією. До 95% сировини для водневого палива сьогодні

одержують з копалин. Крім того, при створенні палива використовують паровий риформінг метану, для якого потрібні вуглеводні. Знову ж таки, виникає залежність від природних ресурсів, окрім тих же таки додаткових викидів вуглекислого газу. Існує також відносно «чиста» технологія видобутку водню за рахунок термохімічного процесу, що реалізується на кількох електростанціях нового покоління в США, Японії і Китаї, проте це скоріше – непромислові масштаби, оскільки ця технологія – аж надто складна і дорога. І, по-четверте, високі ризику вибуху. При використанні в двигуні водень стискають у 850 разів, через що тиск газу досягає 700 атмосфер. У поєднанні з високою температурою підвищується ризик самозаймання. До того ж, водень має високу летючість, проникає навіть у невеликі щілини і легко спалахує. І у висновку можна сказати що авто на водневих двигунах мають значний потенціал для зменшення викидів парникових газів та забруднення повітря.

Недоліки водневого транспорту

- Суміш водню з повітрям — вибухова речовина. Водень небезпечніший, ніж бензин, тому що горить у суміші з повітрям в більше широкіх концентраціях. Бензин не горить при лямбда менше 0,5 і більше 2, водень при таких співвідношеннях горить прекрасно. Але водень, що зберігається в баках при високому тиску, у випадку пробиття бака дуже швидко випаровується. Для транспорту розробляються спеціальні безпечні системи зберігання водню — баки з кількома стінками, зі спеціальних матеріалів і т. д.
- Воднева силова установка значно складніше і дорожче в обслуговуванні, ніж звичайний ДВС. За даними Массачусетського технологічного інституту, експлуатація водневого автомобіля на даному етапі розвитку водневих технологій обходиться у сотню разів дорожче, ніж бензинового. Можливо в майбутньому вартість експлуатації зменшиться.
- Поки немає достатнього досвіду експлуатації водневого транспорту.
- Немає можливості швидкої дозаправки на шляху з каністри або від іншого автомобіля.
- Для заправки воднем потрібно побудувати мережу заправних станцій. Для заправних станцій, що заправляють автомобілі рідким воднем вартість обладнання більше, ніж для бензинових заправних станцій. (Згідно з GM, будівництво 12 тисяч водневих заправних станцій в 2005 році оцінювався в \$ 12 млрд, тобто \$ 1 млн на одну заправну станцію, у той час як комплект обладнання для бензинових заправних станцій коштує від \$ 40 тис., в середньому \$ 100—200 тис.).
- Тепер водень виробляється або шляхом витрати значної кількості електроенергії, з вуглеводнів або з біомаси органічних відходів. У першому випадку використовується та ж електроенергія, яка може вироблятися на теплових, атомних та інших електростанціях. Рішення цієї проблеми – використання відновлювальної енергії для виробництва водню. У другому випадку маємо використання тих же видів палива і виділення CO², а також

потрібно очищення від сполук сірки та інших домішок, які в разі застосування паливних елементів значно скорочують термін їх служби. Деякі вважають, що природний газ буде набагато перспективніший і екологічний. Третій варіант – виробництво біоводню з відходів (сільськогосподарські, стічні води) є найстійкішим. Більше того, виробництво біоводню за технологією біоенергетики з уловлення та зберіганням вуглецю (BECCS)^[15] може забезпечити виробництво біоводню з негативною емісією вуглецю, тобто з уловленням та поглинанням найактивнішого парникового газу – вуглекислого газу (CO₂), що ще більше сприятиме декарбонізації та покращенню емісійного бюджету CO₂, зменшенню забруднення атмосфери, парникового ефекту та глобального потепління, та сприятиме сталому розвитку.

Література

1. Водневі автомобілі: основна інформація-[Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ukr-prokat.com/blog/vodnevi-avtomobili-osnovna-informatsiya.html>
2. Транспорт на водні: чи реалістичні перспективи для світу й України?-[Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://rubryka.com/blog/transport-na-vodni/>
3. Водень для транспорту, опалення та енергетики-[Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/publications/2019/06/14/648620/>

Науковий керівник: Алюкса М.М., професор кафедри автомобілів ім. А.Б.Гредескула, канд. техн. наук

Якушко Данило, ст. гр. АА-41-22

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВПЛИВ АЕРОДИНАМІКИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

Аеродинаміка автомобіля – це розділ аеродинаміки, що вивчає аеродинаміку автомобілів та інших дорожніх транспортних засобів. Найбільшої уваги заслуговує автомобіль конструкції інженера Яра, який вважав, що для тіла, що рухається в безпосередній близькості до поверхні дороги, як теоретично найвигіднішої форми може служити розділений навпіл корпус дирижабля зі злегка випуклою нижньою стороною і ретельно закругленими краями [3-6].

Аеродинамічний опір автомобіля обумовлено його рухом з деякою відносною швидкістю в навколишньому повітряному середовищі. Сила опору повітря є основною складовою силового балансу автомобіля, вона являє собою найбільший інтерес через тенденції останнього часу, а саме зростання швидкостей пересування транспортних засобів. При швидкості руху транспортного засобу в 55-65 км/год сила опору повітря більша за будь-яку