



ЕКОЛОГИЧЕН ТРАНСПОРТ – ВОДОРОДНИ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА

Миглена Славова
m Slavova@bas.bg

*Катедра МЕМХ, Факултет Транспортен мениджмънт, ВТУ“Тодор Каблешков“
София, 1574, ул. "Гео Милев" 158
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: превозно средство, водород, транспорт

Резюме: В много отношения, водородът е идеалното гориво. Той може да бъде получен от вода с помощта на различни възобновяеми енергийни източници. Продуктът от окислението му е само вода, т.е. няма вредни емисии. Водородните превозни средства използват водород като гориво. Водородът може да се преобразува директно в електричество с помощта на горивни клетки, които вече се прилагат в транспорта. Превозните средства с горивни клетки са класифицирани като транспорт с нулеви емисии, които отделят само вода и топлина. Освен това водородът има потенциал да намали зависимостта от нефта.

В настоящата работа са разгледани основните типове разработени автомобили, автобуси, мотикари, трамваи, велосипеди, лодки, самолети и ракети, които работят с водород.

Предимства на водорода като енергиен източник:

Принципът за съхраняване на електрическата енергия от възобновяеми източници предполага превръщането ѝ в друг вид енергия: механична, топлинна или химическа енергия и отново възможност тази енергия да се преобразува в електрическа. Най-универсален се оказва подходът за преобразуване чрез химически процес, който позволява обратимост към електрическа енергия. Пътищата са два - съхранение на енергията в батерии и съхранение под формата на водород, произведен чрез електролиза на вода (фиг.1).



Фигура 1 Цикъл вода-слънце-водород [1]

Водородът притежава 3 пъти по-висока калоричност в сравнение с бензина и сам по себе си не е взривоопасен. Няма корозионно действие върху металите. При изгарянето му се получава екологично чист продукт - вода, т.е. освен висококалорично гориво водородът е и екологично целесъобразен енергоносител. Преимуществата на водорода като мощен енергоносител се изразяват не само в неговата висока енергийна ефективност при изгарянето му в кислородна среда, но и в способността му при свързване с кислорода да произвежда електрическа енергия в горивните елементи.[2]

Двигатели с вътрешно горене с водород:

Превозните средства с двигатели с вътрешно горене с водород са различни от тези с водородни горивни клетки. Автомобилът с вътрешно горене с водород е леко модифицирана версия на традиционния бензинов двигател с вътрешно горене. Тези водородни двигатели изгарят горивото по същия начин, както бензиновите двигатели; Основната разлика е отпадният продукт. Изгарянето на бензина води до въглероден диоксид и водна пара, докато единственият отпадъчен продукт от изгарянето на водорода е водната пара. През 1807 г. Франсоа Исак де Риваз проектира първия двигател с вътрешно горене, работещ с водород (фиг.2). Този първи експериментален прототип съхранява компресиран водород в балон и е с електрическо запалване. [3]



Фигура 2 Прототип на Франсоа Исак де Риваз

Горивни клетки:

Първият горивен елемент е изобретен от Уилям Робърт Гроув през 1839 г., но тогава не са съществували технологии, позволяващи създаването на материалите за изработването му, затова първият работещ прототип е създаден чак през 1959 г. от Франсис Томас Бейкън.[4]

Поради голямата им ефективност и идеалната беземисионна работа, горивните клетки са много привлекателни за редица приложения (Фиг.3).



Фигура 3 Лек автомобил, използващ водород за гориво [5]

Водородни превозни средства:

През 60-те години на миналия век космическите кораби Gemini и Apollo използват горивни клетки за производство на електроенергия, топлина и питейна вода на борда си. Днес много големи ракети използват течен водород като гориво и течен кислород като окислител. Предимството на водорода като ракетно гориво е високо ефективната скорост на изпускане в сравнение с керосина. Според уравнението на ралито на Циолковски, ракета с по-висока скорост на изпускане на горивото се нуждае от по-малка маса гориво за постигане на определена скорост. [6] Също така енергийното съдържание или енергийната плътност на водорода, изчислени спрямо теглото, са най-добри в сравнение с всеки друг вариант за съхранение на химическа енергия. [7] В комбинация с окислител, като например течен кислород, течният водород дава най-високия специфичен импулс или ефикасност по отношение на количеството консумирано гориво в сравнение. [8] В космическите совадки, използващи горивните клетки, които запазват електрическите системи, страничният продукт вода се използва. [9]

Дружества като Boeing и Германският аерокосмически център използват водорода като гориво за пилотирани и безпилотни самолети. През февруари 2008 г. Boeing тества малък самолет, задвижван от водородна горивна клетка. Тествани са също и безпилотни планери на водород. [10] При големите пътнически самолети от „Боинг“ смятат, че водородните горивни клетки е малко вероятно да задвижват двигателите на големи самолети, но биха могли да се използват като резервни или спомагателни агрегати на борда. [11]. През юли 2010 г. Боинг представи задвижван с водород самолет Phantom Eye UAV, задвижван от два водородни двигателя с вътрешно горене на Форд. [12]

През 1970 г. Павел Дийджъс патентова модификация на двигатели с вътрешно горене, които позволили бензинов двигател да работи на водород. Mazda разработва двигател Ванкел, който изгаря водород. [13] В градският университет в Токио е разработен водороден двигател с вътрешно горене от 1970 г. Разработени са автобус и камион с водород. [14] Съществуващата технология за водороден двигател с вътрешно горене може да се използва за решаване на проблеми, в които горивните клетки все още не са приложими, например в студено време.

Между 2005 и 2007 г. BMW тества луксозен автомобил, наречен BMW Hydrogen 7, задвижван от водород двигател с вътрешно горене, който по време на тестове достига 301 км/ч. [15]

Алсет GmbH разработва хибридни водородни системи, които позволяват на автомобила да използва бензин и водород индивидуално или едновременно с двигател с вътрешно горене. Тази технология е използвана в Aston Martin Rapide S по време на надпреварата за 24 часа в Нюрбургринг през 2013 г. Rapide S е първият автомобил с водородна технология, който завършва състезанието [16].

Няколко големи автомобилни компании вече имат масово производство на автомобили с горивни клетки, а именно Toyota Mirai, BMW Hydrogen 7, Honda Clarity и Hyundai ix35 FCEV. [17][18]

В Амстердам, Барселона, Берлин, Лондон, Люксембург, Мадрид, Порто, Стокхолм, Хамбург и Щутгарт са първите градове, в които вече има градски автобуси, задвижвани от двигатели с водородно гориво. Това е реализирано благодарение на проект HyFLEET:CUTE, който е съфинансиран от Европейския съюз. Общо 31 партньорски правителствени организации, университети, индустриални и консултантски фирми си партнират, за да създадат основата на транспортната система на бъдещето. Проектът предвижда, също така изграждане на инфраструктура за

зареждане на автобусите - предприятия за получаване на водород и зарядни станции.[19]

През март 2015 г. Китайската железопътна корпорация демонстрира първата в света трамвайна машина, задвижвана с водородни горивни клетки. Път за новото превозно средство е построен в седем китайски града. Китай планира да изхарчи 200 милиарда юана (32 милиарда долара) до 2020 г., за да увеличи трасето на трамваите до повече от 1200 мили [20].

Товароподемният камион HICE е задвижван с двигател с вътрешно горене и използван за повдигане и транспортиране на материали. Първият произведен камион HICE, базиран на Linde X39 Diesel, е представен на изложението в Ханوفر през 2008 г. Той използва 2.0 литров, 43 kW (58 к.с.) дизелов двигател с вътрешно горене, използващ водород като гориво и компресор за директно впръскване.[21] През 2016 г. Nikola Motor Company въведе водородно задвижван тежкотоварен камион от клас 8, задвижван с водород.[22] През настоящата 2017 година "United Parcel Service" [23], US Hybrid, Toyota и Kenworth тестват камиони с водородни горивни клетки от клас 8 [24].

Разработени са и различни видове мотокари, както с двигатели с вътрешно горене с водород, така и такива с горивни клетки. Този вид машини често работят на закрито, където е много важно максимално да се намалят вредните газове, в резултат на което вече има много разработки. Например мотокари HICE са с преработени дизелови двигатели с вътрешно горене с директно впръскване на водород. [25]. През 2013 г. в САЩ са били използвани над 4 000 вилкови високоповдигачи с горивна клетка. [26] Мотокарите с горивна клетка могат да осигурят предимства пред мотокари с батерии, тъй като те могат да работят за пълна 8-часова смяна с един резервоар водород и могат да бъдат заредени с гориво за 3 минути.

ENV разработва електрически мотоциклети Crosscage и Biplan, захранвани от водородни горивни клетки. Други производители като Vectrix работят върху скутери с водород. [27] Произвеждат се хибридни скутери Suzuki Burgman и FHybrid с водородни горивни клетки и батерии. [28] Suzuki Burgman получи одобрение от типа "изцяло нов тип превозно средство" на ЕС. [29] Тайванската компания APFCT осигури 80 скутера с горивни клетки за тайванското бюро за енергия [30].

През 2007 година Pearl Hydrogen Power Sources от Шанхай представиха на 9-то Международно изложение за газови технологии, оборудване и приложения в Китай водороден велосипед. Производителят предлага и вариант горивна клетка, която да се монтира на наличен велосипед без да е необходима промяна на оригиналната структура на рамката. [31] Германската Linde Group е един от най-големите доставчици на индустриални газове в света, включително и водород. Linde произвежда велосипед с горивна клетка Linde H2. [32]

9,95 метров катамаран, проектиран и построен в цеховете на Cheetah на остров Уайт, разполага с водороден двигател с вътрешно горене. Извънбордовият двигател на Honda работи по същия начин, както традиционния бензинов двигател, с изключение на това, че изгаря водород и произвежда безвредни водни пари като единствена емисия. [33]. През 2013-та година компанията H2 Yachts and motioncode: blue разработва 62 m суперяхта изцяло захранвана с водород. Яхтата комбинира технология с нулеви емисии с чудесен дизайн и функционалност. Концепцията е достатъчна, за пробег от над 6000 морски мили със скорост от десет възела. [34]

Разбира се, могат да се дадат още много примери за водородни превозни средства, но и от представените до тук става ясно, че водородните технологии не са далечно бъдеще, а вече са настояще. За съжаление на Балканите все още няма нито една водородна станция, което води до забавяне на масовото използване на водородните превозни средства. Въпреки това, през последните години в България

също се провеждат инициативи, свързани с водорода като форма на запазване на превозни средства.

Литература

- [1] Josefu (April 2016) "Germany Sunsets Solar Power" Geek Chic Gadgets <http://geekchicpro.com/germany-sunsets-solar-power-j-o-s-h-u-a-p-u-2.html>
- [2] Ono, Katsutoshi (January 2015). "Fundamental Theories on a Combined Energy Cycle of an Electrostatic Induction Hydrogen Electrolytic Cell and Fuel Cell to Produce Fully Sustainable Hydrogen Energy." *Electrical Engineering in Japan* 190 (2): 1–9. doi:10.1002/eej.22673
- [3] <http://www.netinform.net/h2/H2Mobility/Default.aspx>
- [4] Williams, K. R. (1994). "Francis Thomas Bacon. 21 December 1904-24 May 1992". *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*. 39: 2–9. doi:10.1098/rsbm.1994.0001
- [5] Wipke, Keith, Sam Sprik, Jennifer Kurtz and Todd Ramsden. "Controlled Hydrogen Fleet and Infrastructure Demonstration and Validation Project". National Renewable Energy Laboratory, 11 September 2009, accessed on 2 August 2011
- [6] Braeunig A, Rocket and Space Technology, Retrieved 2010-12-12
- [7] College of the Desert, "Module 1, Hydrogen Properties", Revision 0, December 2001 Hydrogen Properties. Retrieved 2015-10-05
- [8] http://www.nasa.gov/topics/technology/hydrogen/hydrogen_fuel_of_choice.html
- [9] Dismukes K, Petty J, Responsible NASA 2012-02-17, Web Accessibility and Policy Notices
- [10] "Ion tiger hydrogen UAV". *Sciencedaily.com*. 2009-10-15. Retrieved 2010-12-12
- [11] David Robertson (3 April 2008). "Boeing tests first hydrogen powered plane". London: *The Times*
- [12] "Boeing's 'Phantom Eye' Ford Fusion powered stratocraft". *The Register*. 2010-07-13. Retrieved 2010-07-14
- [13] "Mazda 5 / Premacy Hydrogen RE Hybrid Minivan". *Hydrogencarsnow.com*. Retrieved 2010-10-15
- [14] Furuhashi, Shouichi (1978). *International Journal of Hydrogen Energy* Volume 3, Issue 1, 1978, Pages 61–81
- [15] Wallner T, Lohse-Busch H, Korn T, et al. Fuel economy and emissions evaluation of BMW Hydrogen 7 Mono-Fuel demonstration vehicles. *International Journal Of Hydrogen Energy* [serial online]. December 15, 2008;33(24):7607-7618. Available from: Academic Search Premier, Ipswich, MA. Accessed February 10, 2012
- [16] de Paula, Matthew. "Aston Martin Favors Hydrogen Over Hybrids, At Least For Now". *Forbes Publishing: Road & Track*. 61 (2012): 107
- [17] Wallner T, Lohse-Busch H, Korn T, et al. Fuel economy and emissions evaluation of BMW Hydrogen 7 Mono-Fuel demonstration vehicles. *Int. J Hydrogen Energy* 33 (2008)24:7607-7618
- [18] Culver M, IHS Says IHS Inc. 5 (2016)
- [19] <https://www.global-hydrogen-bus-platform.com/>
- [20] <https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-03-25/china-s-hydrogen-powered-future-starts-in-trams-not-cars>
- [21] "Hydrogen engines get a lift" *Accessmylibrary.com*. Retrieved 2010-12-12
- [22] Vijayenthiran, Viknesh (2016-12-02) *Fox News*. Retrieved 2017-05-07
- [23] <https://www.cnet.com/roadshow/news/ups-begins-testing-hydrogen-fuel-cell-delivery-truck/>
- [24] O'Dell, John (2017-05-04). *Trucks.com*.

- [25] Tamazutsumi S, Hydrogen energy system 1/34(2009)2
- [26] Gangi J, Fuel cells 2000, Washington, DC-9/9(2013)
- [27] "Hydrogen scooter by vectrix". Jalopnik.com. 2007-07-13. Retrieved 2010-12-12
- [28] "Hybrid fuel cell-electric hybrid scooter". Io.tudelft.nl. Retrieved 2010-12-12
- [29] "SUZUKI - BURGMAN Fuel-Cell Scooter". Retrieved 30 May 2015
- [30] http://www.apfct.com/article_cat.php?act=view&no=26
- [31] <https://www.treehugger.com/bikes/chinese-company-plans-hydrogen-fuel-cell-bike.html>
- [32] http://www.the-linde-group.com/en/clean_technology/clean_technology_portfolio/
- [33] <http://www.cheetahmarine.co.uk/en/deliveries/worlds-first-hydrogen-powered-boat-smashes-targets>
- [34] <https://yachtemoceans.com/hydrogen-motor-yacht/>

ECOLOGICAL TRANSPORT - HYDROGEN VEHICLES

Miglena Slavova

[mslavova@bas.bg](mailto:m Slavova@bas.bg)

*Department Machine Elements and Chemistry, Faculty of Transport Management, Todor
Kableshkov University of Transport
Bulgaria, Sofia, 158 Geo Milev Str.
BULGARIA*

Key words: *vehicle, hydrogen, transport*

Abstract: *In many respects, hydrogen is the perfect fuel. It can be prepared from water with the aid of various renewable energy sources. The product of oxidation is only water, i.e. no harmful emissions. Hydrogen vehicles use hydrogen as fuel. Hydrogen can be converted directly into electricity by means of fuel cells already in use in transport. Fuel cell vehicles are classified as zero-emission transport, which only emit water and heat. In addition, hydrogen has the potential to reduce dependence on oil.*

In the present work are examined the main types of developed hydrogen powered cars, buses, forklifts, trams, bicycles, boats, airplanes and missiles.