

ИСТОРИЯТА НА ВОДОРОДНИТЕ АВТОМОБИЛИ

Веселин Найденов

v_naidenov@vtu.bg

ORCID iD: 0009-0008-2211-534X

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”,
София 1574, ул. „Гео Милев” № 158
БЪЛГАРИЯ*

Резюме: Това проучване има за цел да представи основните моменти от развитието на превозните средства, задвижвани с водород. Въпреки, че все още този вид превозни средства не са масово разпространени в тяхното разработване са вложени много усилия от страна на учени и инженери. Изминатият до сега път в тази сфера следва да бъде внимателно проучен с оглед на факта, че тази технология вече разкрива своя потенциал и се повишава необходимостта от алтернатива на електрическите превозни средства на батерии, като технология, заменяща фосилните горива.

Проучени са разработките по тази тема и е направен изводът, че част от тях не са намерили реализация на пазара, но тези, които са достигнали до крайните потребители предлагат широко поле от изследвания и доказват потенциала на този вид превозни средства. Досегашният опит разкрива възможностите на водородните превозни средства, но и разкрива редица проблеми, свързани с масовото им разпространение и експлоатация. Те трябва да бъдат решени, за да продължи развитието на тази технология и да се достигне до масовото ѝ разпространение, както в транспорта, така и в други области.

Анализът на досегашните постижения е важен за развитието на водородния транспорт, като се проследи техният естествен ход. Направен е изводът, че проучванията в тази област са необходими, за да се определят и най-подходящите условия за експлоатация на водородните автомобили и да се определи сферата им на приложение, в която ще са най-ефективни. Доказано е, че задълбочените изследвания постепенно решават проблемите, които възпрепятстват или ограничават масовата употреба на водородните автомобили. В заключение е необходимо да се упомене, че проучванията в тази област следва да се извършват както на глобално, така и на национално ниво, за да се облекчи в максимална степен експлоатацията този тип превозни средства и да се повиши безопасността.

Ключови думи: водородни автомобили, водородни горивни клетки, вредни емисии, ефективност, безопасност, устойчиво развитие, енергийни нужди

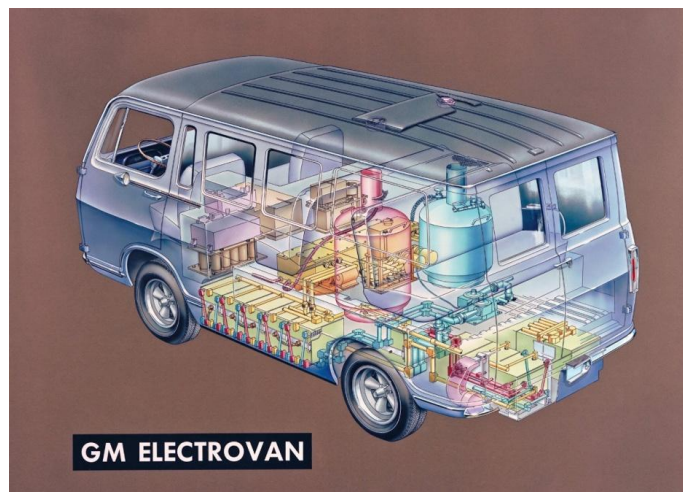
1. ВЪВЕДЕНИЕ

Водородът е сред най-интересните решения за замяна на превозните средства, задвижвани с двигател с вътрешно горене (ДВГ). Глобално погледнато обаче светът е далеч от масовата му употреба. Много автомобилни производители вече са разработили прототипи на студийни модели, за да докажат че тази технология има потенциал, независимо, дали ще се използва като гориво в буталните ДВГ или ще служи за производство на ток посредством горивен елемент. Независимо от всичко в наши дни са най-разпространени превозните средства с водородна горивна клетка [1].

2. АВТОМОБИЛИ С ВОДОРОДНИ ГОРИВНИ КЛЕТКИ

Потенциалът на водородните горивни клетки се разкрива основно в началото и среда на 60-те години на 20-ти век. По това време батериите нямат достатъчно голям капацитет и за хранване на бордовите системи по време на околоземните мисии са се използвали водородни горивни клетки. Изцяло в иноваторския дух на това отминало време е и разработката на GMC

(General Motors Company), наречена Electrovan. Представена е през 1966 г., като разработката му започва две години по-рано с което се превръща в първия в света автомобил с водородна горивна клетка. Всъщност авторите на проекта са се опитали да внедрят в автомобил горивна клетка като тези, използвани в програмата Аполо. Автомобилът е разработен на базата на GMC Handy-Van тъй като на борда му е имало място за всички необходими компоненти на една тогавашна горивна клетка. По данни на фирмата производител автомобилът тежал 3220 kg, като 1769 kg от които се полагали на горивната клетка и компонентите на електрическото задвижване, което позволявало на автомобила да измине с едно зареждане 240 km, като ускорението от 0 до 100 km/h отнемало 30 секунди. На практика автомобилът никога не бил изпробван на обществени пътища, като поради обемното оборудване местата в него били редуцирани от 6 на 2. По време на изпитанията се получил сериозен взрив, но нямало ранени. Важни изводи, които били направени от този експеримент били, че по онова време само цената на платината, използвана в горивната клетка струвала колкото няколко минивана от същия модел и че технологията не позволявала изграждането на зарядни станции за водород. Още тогава станало ясно, че за ежедневна употреба на този вид превозни средства било необходимо да се намали теглото им, да се произведат по-евтини компоненти и че на практика технологията е приложима за по-големи превозни средства [2].



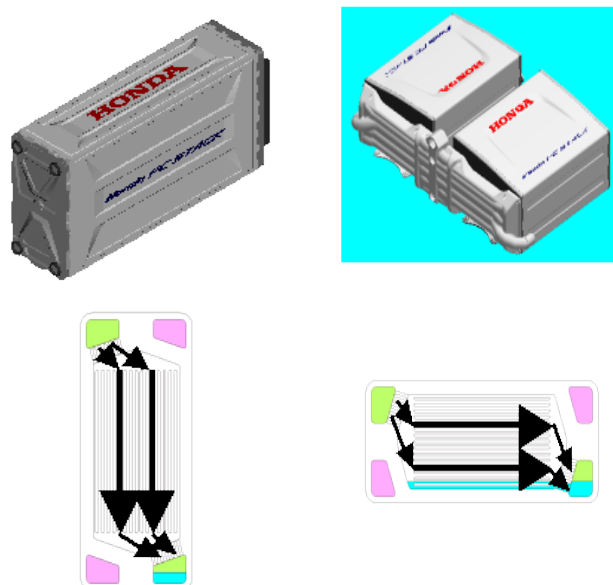
Фиг. 1. Схема на автомобил GM Electrovan от 1966 г. [2]

Редица автомобилни производители работят върху превозни средства с водородно задвижване, като Хонда през 1999 г. представя концептуалния модел Honda FCX. Компанията представя и обновен модел през 2006 г., в който е поставен компактен стак от водородни горивни елементи, поставен в тунела на пода на автомобила. Тяговият електромотор е поставен коаксиално на предавателната кутия, което допълнително подпомага създаването на компактен автомобил с нисък под. Автомобилът бил приблизително три пъти по-ефективен от конвенционален автомобил с двигател с вътрешно горене и два пъти по-ефективен от автомобил с хибридно задвижване [3].

През 2024 г. Honda е представила SUV модел, наречен (CR-V e:FCEV). Този автомобил освен с водородна горивна клетка разполага и с plug-in система за зареждане на акумулаторната батерия, което го поставя и в класа хибридните автомобили. При тази силова установка автомобилът е в състояние да измине 435 km, като само със заряда от акумулаторната батерия може да преодолее дистанция от 47 km [3].

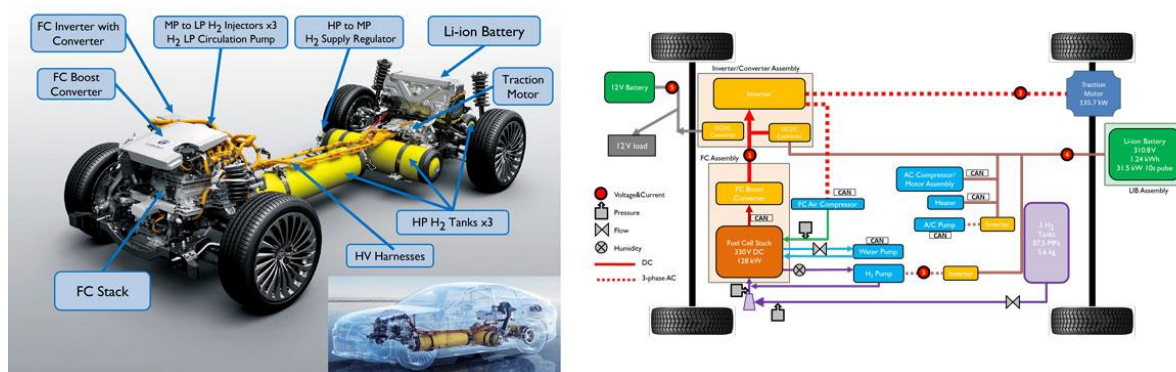
Корейският производител на автомобили Hyundai представя своя водороден автомобил с горивна клетка IX35 FCEV през 2014 г. Този автомобил в категорията Crossover е първият серийно продаван водороден автомобил на марката. От тогава започват и дотациите за подобни автомобили, както и подпомагане на собствениците им за достъп до зарядни станции и субсидиране на цената на водорода. Прототипи на автомобила са били достъпни за изпитвания в Европа още през 2011 г. Наследник на този модел е актуалният NEXO, който се предлага на пазара в Европа. След появяването си през 2018 г. той се превръща най-екологичният

автомобил на марката. Неговата концепция не се различава драстично от тази на предшественика му, но на неговата платформа не се предлага друго задвижване освен водородно. За постигане на компактност на конструкцията горивната клетка и тяговият двигател са обединени в един общ възел и са монтирани на предната ос, а за подобряване на баланса на масите зад задния ред седалки е поставена бързозарядна акумулаторна батерия, която допълва работата на клетката. Резервоарите за водород са три, като са монтирани в задната част на автомобила под пода [4].



Фиг. 2. Сравнение между новия (вертикален) и стария (хоризонтален) стак на Honda с визуализация на потока на водорода и отделената вода при работа [3]

Друг производител със сериен автомобил, задвижван с водород е Toyota. Моделът Mirai, купето на който представлява седан, специално разработен за водородно задвижване се произвежда серийно и се предлага по целия свят. Концепцията е различна от тази на Hyundai Nexo. При Mirai горивната клетка е монтирана в предната част на автомобила, докато тяговият двигател е разположен на задната ос под допълнителната батерия. Това е и първият масово произвеждан водороден автомобил с света. Достиженията направени от компанията Toyota при разработката на модела са основополагащи и за други видове превозни средства, задвижвани също от водород. Второто поколение на модела от 2021 г. е с клетка с твърд полимерен електролит. Разработките на компанията датират от 1992 г. с модела Toyota FCEV и хибрида FCHV. Досегашните проучвания показват, че при достатъчно стабилни доставки на водород и необходимата гъстота от зарядни станции позволяват на този тип автомобили да разгърне своя потенциал [5].



Фиг. 3. Схема на разположение на основните агрегати на Toyota Mirai [5]

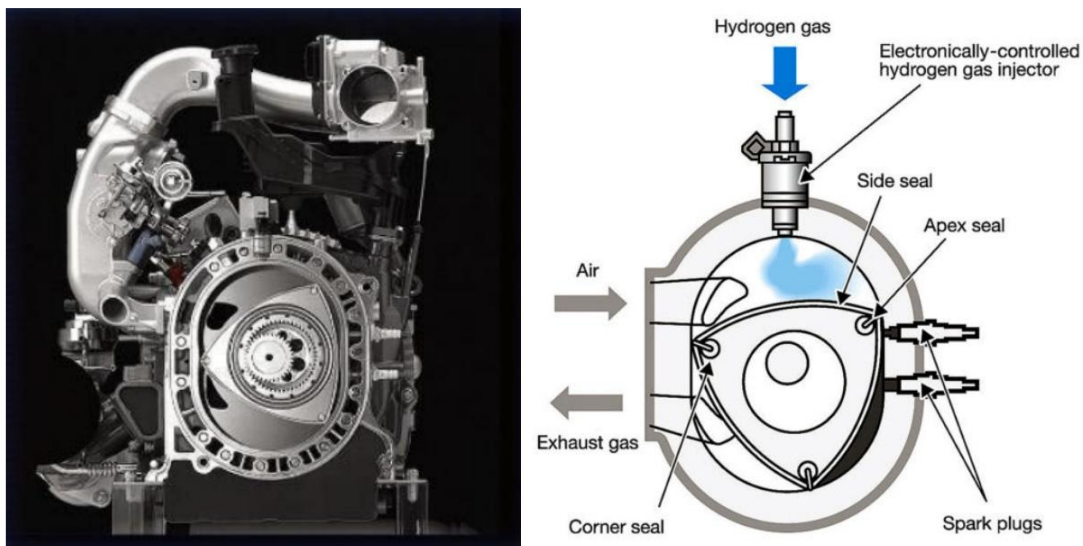
3. АВТОМОБИЛИ С ДВГ НА ВОДОРОД

Освен в горивни клетки водородът може да се и в двигатели в вътрешно горене. В този случай е доказано, че екологичността е по-ниска, което означава, че са налични вредни емисии в минимални количества, но и освен това не е възможно да се реализира рекулперация на енергия [6]. Опитът на производителите на превозни средства сочи, че на този етап на развитие на техниката водородът, използван в двигатели с вътрешно горене е приложим основно в товарни автомобили и мотоциклети. В миналото съществуват разработки на леки автомобили с ДВГ, работещи на водород, но те не са достигнали до масова употреба. Използвани са в малки серии и никога не са достигнали до свободния пазар [7].

Употребата на водород в превозни средства с бутални двигатели датира от преди повече от 200 години [8]. През 1807 г. швейцарският учен Франсоа Исак де Ривас (François Isaac de Rivaz) създава първия двигател с вътрешно горене, който работел именно с водород и го използвал за придвижване на къси разстояния [9]. През 1860 г. белгийският конструктор Етиен Ленояр (Etienne Lenoir), изобретател на първия ДВГ, създава първия двигател с вътрешно горене, който бил едноцилиндров и двутактов и използвал водород, произведен чрез електролиза на водата. Мощността му била само 0,7 kW, при 80 оборота в минута, като по-късно бил преработен да работи с въглищен газ [10]. Периодът преди и между двете световни войни отбелязва съществен прогрес във водородните технологии. Норвежката фирма Norsk преработва камион, който да работи с водород, като за целта на борда монтира дефрактор, който да отделя водорода от амониак и така да захранва двигателя [11]. Немският конструктор Рудолф Ерен (Rudolph Ehren) провежда редица експерименти с двигатели, работещи на принципа на Ото и Дизел, задвижвани с водород. Неговите разработки са прилагани в камиони, автобуси и подводници [12]. В периода на окупацията на Ленинград съветският инженер Борис Шелищ преработва, със своя екип, 200 камиона ГАЗ-АА, които да работят на водород [13]. През 70-те години освен поради петролната криза разработките на водородни двигатели се възобновяват и заради нуждата от намаляване на вредните емисии. Като тези разработки включват както четиритактови, така и двутактови двигатели [14][15]. Разработките през 20-ти век доказват възможността за прилагане на водорода в двигателите с вътрешно горене без промяна на основни техни компоненти [16].

Водородът е с октаново число над 130. Като същевременно е и с висока температура на самовъзпламеняване, което го прави устойчив на детонационно горене [17]. Поради тази причина не се влияе на промяна на формата на горивната камера. За да се използването му в ДВГ е необходимо да се преработи горивовпръскващата система, като се използват и постудени свещи, за да се избегне самовъзпламеняване, причинено от нажежения електрод на свещта. Доказано е от редица проучвания, че е най-добре водородът да се впръсква директно в цилиндъра, за да се избегне възпламеняването му в смукателния колектор на двигателя [18].

Най-популярните модерни разработки в това направление са на производители като Mazda, Ford, BMW, Chevrolet, Volkswagen, Toyota и Lexus. BMW разработва модела Hydrogen 7, който е оборудван с 12-цилиндров V-образен двигател, който разполага с две горивни системи на бензин и водород. Това е и първият серийно произвеждан водороден автомобил [19]. Ford P 200 от 2001 г. е седан с 5 места, като водородът в него се съхранява в карбонови бутилки при налягане от 250 bar [20]. Разработката на Mazda RX8 Hydrogen се отличава от останалите със своя ванкелов двигател, като доказва редица негови предимства, особено разделянето на отделни горивни камери, което предпазва водорода от нежелани възпламенявания в неподходящ момент [21]. Toyota влага усилия и в разработване на водородни двигатели, като за база използва моделите Yaris и Crolla Cross [5].



Фиг. 4. Ванкелов двигател на Mazda, работещ на водород [21]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Историческият преглед доказва качествата на водорода като гориво в автомобилния транспорт. Проучванията, провеждани вече повече от 200 години са категорично доказателство, за високия потенциал на водорода. Важен аспект е и подбора на използваната технология в съответствие с предназначението на автомобила. При сегашната нужда от общодостъпни и екологично чисти горива е особено важно да се изследват и разработват все повече водородни технологии, за да се достигне до тяхното масово използване както в транспорта, така и в други сектори. Необходимо е да се извършват проучвания както в световен, така и в локален мащаб, за да се облекчи в максимална степен експлоатацията на водородните автомобили и да се повиши тяхната безопасност, което ще доведе до масовата им употреба и достигане на нулев въглероден отпечатък от транспорта.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Blagojevic I, Mitic S, Hydrogen as a vehicle fuel, *Mobility & vehivle mechanics* DOI: 10.24874/mvm.2018.44.02.04 UDC: 62.622, 10. 2018
- [2] General Motors, <https://gm.com>, 2025
- [3] Honda, <https://global.honda/en>, 2006
- [4] Hyundai, <https://www.hyundai.com>, 2017
- [5] Toyota, <https://www.toyota-europe.com>, 2025
- [6] K. Wróbel, J. Wróbel, W. Tokarz, J. Lach, K. Podsadni, A. Czerwinski, Hydrogen Internal Combustion Engine Vehicles: A Review, 10. 2022
- [7] В. Найденов, ПРИЛОЖЕНИЕ НА ВОДОРОДА КАТО ИЗТОЧНИК НА ЕНЕРГИЯ В ПЪТНИТЕ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА, ISSN 2367-6620, том 22, брой 3/3 2024, статия 2618, (IX-7) – (IX-12) стр.
- [8] Kerkal, G.; Pawale, K.; Dhumal, A. Diesel Engine with Hydrogen in Dual Fuel Mode: A Review. *Int. J. Eng. Technol. Manag. Appl. Sci.* 2017, 5, 1306–1311
- [9] Ratiu, S. The history of the internal combustion engine. *Ann. Fac. Eng. Hunedoara* 2003, 1, 145–148.
- [10] Eichseder, H.; Klell, M. Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik; GWV Facherlage GmbH: Wiesbaden, Germany, 2008.
- [11] Soloveichik, G. Ammonia for Energy Storage and Delivery. In Proceedings of the NH₃ Fuel Conference 2016, Los Angeles, CA, USA, 19 September 2016.
- [12] Braun, H. John Lorenzen & Rudolf Erren Hydrogen Pioneers; Phoenix Project Foundation: Phoenix, AZ, USA, 2020
- [13] Plotnikov, L.V.; Ulman, N.V. Computational and analytical evaluation of the efficiency of using hydrogen as a fuel in an internal combustion engine. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2021, 723, 052018.

- [14] Furuhashi, S.; Fukuma, T.; Sakai, H. Conversion of turbo-diesel passenger car into hydrogen powered car. In Proceedings of the International Symposium on Hydrogen Systems, Beijing, China, 7–11 May 1985.
- [15] Simi, A. Hydrogen Direct Injection Inreciprocating Engines Using Commercial Injectors. Ph.D. Thesis, Universita Di Pisa, Pisa, Italy, 2011.
- [16] Das, L.M. Hydrogen-fueled internal combustion engines. In Compendium of Hydrogen Energy; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2016; Volume 7, pp. 177–213.
- [17] Stepien, Z. A Comprehensive Overview of Hydrogen-Fueled Internal Combustion Engines: Achievements and Future Challenges. *Energies* 2021, 14, 6504.
- [18] Walter, L. Hydrogen Use In Internal Combustion Engines. In Hydrogen Fuel Cell Engines and Related Technologies; College of the Desert: Palm Desert, CA, USA, 2001; pp. 3-9–3-14.
- [19] Enke, W.; Grauber, M.; Hecht, L.; Staar, B. The Bi-fuel V12 Engine of the New BMW Hydrogen 7. *MTZ* 2007, 68, 6–9.
- [20] Verhelst, S.; Wallner, T. Hydrogen-fueled internal combustion engines. *Prog. Energy Combust. Sci.* 2009, 35, 490–527.
- [21] Mazda's Hydrogen RX-8 RE. Available online: <https://greencarjournal.com/dont-miss/mazdas-hydrogen-rx-8-re/> (accessed on 10 October 2022).
- [22] Toyota Developing Hydrogen Engine Technologies through Motorsports. Available online: <https://global.toyota/en/newsroom/corporate/35209996.html>

THE HISTORY OF HYDROGEN CARS

Vesselin Naydenov

v_naydenov@vtu.bg

ORCID iD: 0009-0008-2211-534X

**Todor Kableshkov University of Transport,
Sofia, Geo Milev Str. 158,
BULGARIA**

Abstract: *This study aims to present the main points of the development of hydrogen-powered vehicles. Although this type of vehicle is not yet widespread, a lot of effort has been invested in their development by scientists and engineers. The path taken so far in this area should be carefully studied in view of the fact that this technology is already revealing its potential and the need for an alternative to battery-powered electric vehicles is increasing, as a technology replacing fossil fuels.*

The developments on this topic have been studied and the conclusion has been made that some of them have not found market implementation, but those that have reached end users offer a wide field of research and prove the potential of this type of vehicle. The experience so far reveals the possibilities of hydrogen vehicles, but also reveals a number of problems related to their mass distribution and operation. They must be solved in order to continue the development of this technology and to achieve its mass distribution, both in transport and in other areas.

The analysis of the achievements to date is important for the development of hydrogen transport, by tracing their natural course. The conclusion is made that research in this area is necessary to determine the most suitable conditions for the operation of hydrogen vehicles and to determine their field of application in which they will be most effective. It has been proven that in-depth research gradually solves the problems that hinder or limit the mass use of hydrogen vehicles. In conclusion, it is necessary to mention that research in this area should be carried out both at the global and national levels in order to facilitate the operation of this type of vehicle to the maximum extent and to increase safety.

Key words: *hydrogen vehicles, hydrogen fuel cells, harmful emissions, efficiency, safety, sustainable development, energy needs*