



ПРИЛОЖЕНИЕ НА ВОДОРОДА КАТО ИЗТОЧНИК НА ЕНЕРГИЯ В ПЪТНИТЕ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА

Веселин Найденов

v_naidenov@vtu.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”
гр. София, ул. Гео Милев 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** Водород, превозни средства, зелен пакт, декарбонизация, алтернативни източници на енергия, въглеродна интензивност.*

***Резюме:** В публикацията са анализирани различните възможности за използване на водород като алтернатива на фосилните горива за задвижване на пътни превозни средства от различни видове. Водородът също така участва в диверсификацията на енергийните източници и спомага за въглеродна неутралност. Анализирани са различните варианти за използване на водорода в пътни превозни средства, като и съществуващи автомобилни концепции. Представени са целите, поставени от Европейския зелен пакт, относно употребата на водород специално в автомобилния транспорт.*

Проучени са и статистически данни, представящи употребата на водород в съответния вид транспорт, с цел съпоставяне на постигнатото до настоящия момент с поставените цели за следващите няколко години. Натрупаният до сега опит показва трудности, свързани с решаване на редица технически проблеми, особено с безопасността и логистиката на водорода.

Направеният анализ доказва необходимостта от изследванията в областта на употребата на водород в пътните превозни средства, с цел безопасната им и икономически обоснована експлоатация, позволяваща ефективно им включване в световната икономика.

ВЪВЕДЕНИЕ

Сухопътният транспорт извършва основното количество превози на пътници и товари в рамките на Европейския съюз, и се влияе силно от регулациите на вредни емисии на общността. Според пакета „Подготвени за план 55” от 2049 г. се забранява сключването на дългосрочни договори за доставка на природен газ с цел намаляване на употребата на фосилни горива [1]. Това представлява допълнителен стимул за ускоряване на процеса по въвеждане на алтернативни източници на енергия в транспорта, като водород, а в частност този, добит от възобновяеми източници, тъй като той е напълно въглеродно неутрален.

Водородът може да се използва като изходна суровина, гориво или енергиен носител и средство за акумулиране на енергия и има множество възможни приложения

в промишлеността, транспорта, енергетиката и отоплението. Той може да предложи решения в транспортната система, които да доведат до намаление на вредните емисии в атмосферата [2].

Водородът има потенциала да се превърне в решение за тези части от транспортната система, в които е трудно да бъдат намалени вредните емисии, в допълнение към това, което може да се постигне чрез електрификация и други възобновяеми и нисковъглеродни енергийни източници. Широкомасштабното внедряване на чистия водород с бързи темпове е от ключово значение, за да може ЕС да постигне по-висока степен на амбиция по отношение на климата, намалявайки емисиите на парникови газове с най-малко 50 %, а до 2030 г. — с 55 %, по икономически ефективен начин. След проведени проучвания е установено, че ще са необходими станции за зареждане с водород във връзка с въвеждането на автобуси с водородни горивни елементи, а на по-късен етап — и на тежкотоварни превозни средства. През първия етап се предвижда да се осъществи ранно приемане на водорода за собствено потребление, като например при местните градски автобуси, автомобилните паркове със стопанска цел (напр. таксите) или специфични части от железопътната мрежа, където електрификацията е невъзможна. Станциите за зареждане с водород могат лесно да бъдат снабдявани от регионални или местни електролизатори, но тяхното внедряване трябва да се основава на ясен анализ на потреблението във връзка с автомобилния парк и на различните изисквания за лекотоварните и тежкотоварните превозни средства[3].

Доказано е, че засиленото внедряване и използване на възобновяеми и нисковъглеродни горива трябва да върви ръка за ръка със създаването на широкообхватна мрежа от инфраструктура за зареждане с електричество и с гориво, за да се реализира пълният потенциал за широко навлизане на превозни средства с ниски и нулеви емисии при всички видове транспорт. „Зареждане и презареждане“ е водеща инициатива на ЕС в рамките на *Механизма за възстановяване и устойчивост* целта е до 2025 г. да бъдат изградени половината от общо 1 000 водородни станции и един милион от общо 3 милиона обществени зарядни станции за електричество, необходими до 2030 г. Крайната цел е да се осигури плътна и широкообхватна мрежа, за да се гарантира лесен достъп за всички клиенти, включително операторите на товарни превозни средства [4].

УПОТРЕБАТА НА ВОДОРОД В ПЪТНИТЕ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА

На практика съществуват два метода за извличане на енергията от водорода на борда на пътните превозни средства. Единият е чрез водородна горивна клетка, която да произведе електрическа енергия за задвижване на тягов електродвигател, докато при втория метод водородът се подава в бутален двигател, което всъщност представлява нова ера за двигателите с вътрешно горене.

Асоциацията на европейските автомобилни производители е силно притеснена от намаляващите срокове и призовава за ускоряване на развитието и на двете технологии. Според същата организация за постигането на целите, предвидени към 2030 г. е необходимо по пътищата на Европейския съюз(ЕС) да се движат около 400000 електрически и водородни превозни средства, а и една трета от новопродадените возила да са въглеродно неутрални. За да бъде възможно всичко това и да не се нарушава нормалната работа на транспорта в общността според Асоциацията на европейските производители на автомобили (АСЕА)ще е необходимо изграждането на 50000 зарядни станции за електроенергия, повечето от които по един мегават, както и поне 700 зарядни станции за водород [5].

Строгите изисквания към превозните средства, работещи на водород налагат провеждането на задълбочени изследвания за енергийната им ефективност с цел най-целесъобразната им употреба, особено от организациите, използващи ги със стопанска цел. Определянето на оптимални режими на работа е от особена важност за подобряване на енергийната ефективност на превозните средства, което ще спомогне за намаляване на разходите за енергия и съответно ще спомогне за редуциране на нуждата от зарядни станции. Научните изследвания в тази област ще са особено важни и ще допринесат за обективна оценка и детайлно обследване на превозните средства, задвижвани с този вид гориво. От анализите се доказва, че съществена значимост за развитието на водородния транспорт по пътищата на Европа, и не само, се явява развитието на съответната инфраструктура, най-вече зарядните станции.

УПОТРЕБА НА ВОДОРОД В БУТАЛНИ ДВИГАТЕЛИ С ВЪТРЕШНО ГОРЕНЕ

Водородът намира приложение в конвенционални двигатели с вътрешно горене, но за да може да се контролира по-бързото му възпламеняване, в сравнение с това на бензина, са необходими редица промени в горивната уредба и газоразпределителния механизъм на двигателя. Водородът може да се използва самостоятелно единствено в двигатели с принудително възпламеняване. Агрегатите, работещи на принципа на самовъзпламеняването, се нуждаят от специфична горивовпръскващата система, която да подава минимални количества дизелово гориво, което да предизвиква възпламеняването на водорода в желания момент. Според компанията Volvo тази технология е конкурентна на горивните клетки и предлага много добро ниво на общите разходи през целия период на експлоатация на подобно превозно средство [6]. Водородът може да се използва като добавка към фосилни горива, като бензина, дизела, пропан-бутана и метана. По този начин се намаляват вредните емисии и се повишава ефективността на двигателите. Този метод е приложим най-вече при дизеловите двигатели, но може да се използва съвместно с етанол и глицерол, и се разглежда като междинен етап от развитието към изцяло водородни двигатели [7].

Фирмата Cummins, производител на двигатели с вътрешно горене, смята, че буталните двигатели, работещи с водород ще се докажат, като най-подходящото решение за средноголемите и тежкотоварните пътни превозни средства. Редом с декарбонизацията се изтъква и предимството, че тази технология е максимално близка с работещата в момента, тоест производители, водачи и обслужващ персонал ще са в състояние да я усвоят по-бързо. Освен това е доказано, че водородът не намалява живота на буталния двигател [8].

За декарбонизация на своите мотоциклети фирмата Kawasaki също разчита на бутални ДВГ и водород. През юли 2024 г. беше представен прототип, наречен Kawasaki Ninja H2 с четирицилиндров редови двигател със свръх пълнене. При него водородът се връсква директно в цилиндъра, но рамата на мотоциклета е променена, за да могат да се съберат резервоарите за водород [9].

Таблица 1. Основните показатели на горивните клетки и двигатели, работещи с бензин и водород [7]

	Бензинови превозни средства	ДВГ, работещ с водород	Водородна горивна клетка
Вид на двигателя	Двигател с вътрешно горене	Двигател с вътрешно горене	Горична клетка
Ефективност на задвижващия агрегат	≈ 30 - 35 %	≈ 40 - 50 %	≈ 45 - 55 %
Разход на гориво	≈ 9л бензин (12.8 кг)/100км	≈ 1.4 кг водород /100км	≈ 1 кг водород /100км

Цена на горивото (приблизително съотношение на цените на горивата към 2022 г.)	0.1 относително ниска	0.9 относително висока	1.0 относително висока
Отделяни вредни емисии във въздуха	Високи CO ₂ , CO, неизгорели въглеводороди, и NO _x емисии	Минимални емисии на CO ₂ и CO, същите или с до 20% по-високи емисии на NO _x	Минимални емисии на CO ₂ и No _x
Степен на технологичност	Развит и широко използван по света	На експериментален етап в огранич. серии автомобили	На експериментален етап в огранич. серии автомобили

Немският производител на товарни автомобили MAN предвижда да произведе през 2025 г. серия от специализирани превозни средства. Те ще се използват за тежки товари, като строителни конструкции, трупи и др. Двигателят, работещ с водород, H45 се базира на доказалият се агрегат D38. Моделът hTGХе особено подходящ за конфигуриране на специализирани превозни средства с колесна формула 6x2 или 6x4, като има голям полезен товар, мощност от 383 kW и въртящ момент 2500 Nm в диапазона от 900 до 1300 оборота. Водородът на се съгъства до 700 bar и максималното тегло, което може да се зареди е 56 kg. С което товарният автомобил може да измине 600 км, като презареждането се извършва за 15 min [10].

Буталните двигатели са в състояние да използват водород с по-ниска чистота от този, използван в горивните клетки. При тях се наблюдават наличието на емисии на CO₂, поради попадане на двигателно масло в горивната камера. При превозните средства с горивни клетки се налага допълнително поставяне на акумулаторни батерии за подпомагане на работата на тяговите двигатели, което усложнява и утежнява конструкцията [7].

Доказано е, че ванкеловите двигатели са особено подходящи за работа с водород, тъй като при този тип двигатели камерата, в която постъпва горивото е отделена от камерата, в която се осъществява възпламеняването на гориво-въздушната смес, което предотвратява нежеланото преждевременно възпламеняване на гориво-въздушната смес. Един от автомобилите, в които е използвана тази технология е Mazda RX 8. При него двигателят може да работи поотделно както с водород, така и с бензин. В автомобила е поставен малък резервоар за бензин, който се използва при изчерпване на водорода [11].

Степента на пазарно навлизане на превозните средства, задвижвани с водород, понастоящем е много малка. Разполагането на достатъчна инфраструктура за презареждане с водород обаче е от съществено значение, за да се даде възможност за широкомащабно използване на подобни автомобили, задвижвани с водород, както е предвидено в съобщението на Европейската комисия от 8 юли 2020 г., озаглавено „Стратегия за използването на водорода за неутрална по отношение на климата Европа“. Понастоящем точки за презареждане с водород има едва в няколко държави членки в по-голямата си част те са неподходящи за тежкотоварни превозни средства. Поради това не е възможно превозните средства, задвижвани с водород, да се движат в рамките на целия Съюз. Задължителните цели за разполагане на публично достъпни точки за презареждане с водород следва да гарантират достатъчно гъста мрежа от точки за презареждане с водород по основната трансевропейска транспортна мрежа, така че да бъде възможно без проблемно пътуване на лекотоварни и тежкотоварни превозни средства, задвижвани с водород, в целия Съюз. За целите на разгръщането на инфраструктура за презареждане с водород по протежението на трансевропейската транспортна мрежа, всички станции за презареждане с водород, които трябва да бъдат

изградени по протежението на пътната трансевропейска транспортна мрежа, е необходимо да бъдат разположени на разстояние до 10 километра по шосе от най-близкия изход от път, който е част от трансевропейската транспортна мрежа [12]. При разгръщането на инфраструктурата следва да се взема предвид и появата на нови технологии, като например тези за течния водород, които позволяват извършването на по-голям пробег от тежкотоварните превозни средства и се очаква те да бъдат предпочитаният технологичен избор на някои производители на автомобили.

За постигане на тази цел държавите членки гарантират, че до 31 декември 2030 г. по протежението на основната трансевропейска транспортна мрежа на отстояние от най-много 200 km една от друга са разположени публично достъпни станции за презареждане сводород, проектирани за минимален кумулативен дебит 1 тон на ден, които са оборудвани като минимум с колонка с налягане 700 Bar [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимо е да се извърши комплексен анализ на всички възможности за внедряване на водорода като гориво в автомобилния транспорт, за да се осигури плавно и устойчиво преминаване към въглеродно неутрален транспорт. Едновременно с това ще се постигне и диверсификация от традиционните източници на енергия за пътните превозни средства, както и намаляване на вредните емисии, изпускани в атмосферата. Фактът, че всяка от разгледаните технологии има своите предимства и недостатъци, доказва, че са необходими задълбочени изследвания, които да докажат най-подходящото предназначение на всяка една от тях.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Европейски пакт „Подготвени за цел 55”, <https://www.consilium.europa.eu/bg/policies/green-deal/fit-for-55/>
- [2] Оценка на потенциала за развитие на водородните технологии в република България, Министерство на иновациите и растежа, София 2022 г., <https://www.mig.government.bg/wp-content/uploads/2023/03/oczenka-na-potencziala-za-razvitie-na-vodorodnite-tehnologii-v-republika-balgariya-2022.pdf>
- [3] Стратегия за използването на водорода за неутрална по отношение на климата Европа, Европейска комисия Брюксел, 8.7.2020 г.COM(2020) 301 final, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/bg/qanda_20_1257
- [4] Стратегия за устойчива и интелигентна мобилност — подготвяне на европейския транспорт за бъдещето, Брюксел, 9.12.2020 г.COM(2020) 789 final, <https://www.consilium.europa.eu/bg/press/press-releases/2021/06/03/sustainable-and-smart-mobility-strategy-council-adopts-conclusions/>
- [5] ACEA, www.acea.auto (01.2024)
- [6] Volvo Trucks, www.volvogroup.com (2024)
- [7] Wróbel, K.; Wróbel, J.; Tokarz, W.; Lach, J.; Podsadni, K.; Czerwiński, A. Hydrogen Internal Combustion Engine Vehicles: A Review. *Energies* 2022, 15, 8937.
- [8] Cummins Inc., www.cummins.com (2024)
- [10] Kawasaki Heavy Industries Group, www.global.kawasaki.com
- [9] MAN Truck & Bus, www.press.mantruckandbus.com (4.2024)
- [10] Wakayama, N.; Morimoto, K.; Kashiwagi, A.; Saito, T. Development of Hydrogen Rotary Engine Vehicle. In Proceedings of the World Hydrogen Energy Conference, Lyon, France, 13–16 June 2006.
- [11] РЕГЛАМЕНТ (ЕС) 2023/1804 НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА

от 13 септември 2023 година за разгръщането на инфраструктура за алтернативни горива и за отмяна на Директива 2014/94/ЕС
[12] РЕГЛАМЕНТ НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА за разгръщането на инфраструктура за алтернативни горива и за отмяна на Директива 2014/94/ЕС, Брюксел, 13 юли 2023 г.

APPLICATION OF HYDROGEN AS A SOURCE OF ENERGY IN ROAD VEHICLES

Vesselin Naydenov
v_naidenov@vtu.bg

Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA

Key words: *Hydrogen, rail transport, green deal, decarbonisation, alternative energy sources, carbon intensity.*

Abstract: *The publication explores the various options for using hydrogen as an alternative to fossil fuels for powering non-road vehicles of various types. Hydrogen participates in the diversification of energy sources and contributes to carbon neutrality. Different options for using hydrogen in road vehicles have been analyzed, as well as existing real cars of various types. The targets set by the European Green Deal regarding the use of hydrogen specifically in the road transport sector are presented.*

Statistical data showing the use of hydrogen in the respective type of transport were also examined, in order to compare what has been achieved so far with the goals set for the next few years. The experience accumulated so far shows difficulties related to solving a number of technical problems, especially with the safety and logistics of hydrogen.

The analysis made proves the need for research in the field of hydrogen use in road vehicles, with the aim of their safe and economically justified operation, allowing their effective inclusion in the economy of the European Union.