



ВОДОРОД И НАЗЕМЕН ТРАНСПОРТ

Веселин Найденов
v_naidenov@vtu.bg

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

Ключови думи: водородни превозни средства, водородни горивни клетки, вредни емисии, товарни автомобили, влакове, трамваи, станции за зареждане

Резюме: Целта на този материал е да представи и обхване широката гама от съществуващи превозни средства с конвенционално задвижване, които следва постепенно да бъдат заменени от свои еквивалентни, задвижвани от водород. Тъй като съществуват редица недостатъци, свързани с водородните технологии то все още не се срещат масово превозни средства, които да използват този вид енергия.

За да бъде приет водородът като алтернатива на превозните средства с конвенционални двигатели, а дори и в някои случаи на чисто електрическите автомобили, то е необходимо да се разработи широка гама от превозни средства, които да са достатъчно удобни и икономични за експлоатация. Освен понижаване на вредните емисии и липсата на зависимост от фосилните горива водородните превозни средства трябва да бъдат и достатъчно ефективни и безопасни, с оглед на съвременните изисквания, които стават все по-стриктни.

Независимо от вида и предназначението си водородните превозни средства се нуждаят от специфична инфраструктура, за да могат да обезпечат необходимия брой и обем от задачи, за които се разчита да вършат в бъдеще. Наземния транспорт е особено подходящ за развитие на тези технологии, тъй като е много масов и при него отказ в задвижването няма да доведе до последствията, до които би довел отказ при въздушния или водния транспорт. В световен мащаб вече е натрупан достатъчно опит, който може да се използва като основа за проучвания и разработки на национално ниво в нашата страна. Научно-техническият потенциал при нас следва да се ангажира с този въпрос, за да бъдем сред нациите, които ще преминат плавно и безпроблемно към масово използване на водород в различните сектори на икономиката.

ВЪВЕДЕНИЕ

Поради замърсяване на въздуха с вредни емисии и изчерпване на изкопаемите горива ще се наложи замяната на превозните средства, използващи фосилни горива, да бъдат изцяло заменени от друга технология. Освен чисто електрическите превозни средства, използващи различни видове батерии ще бъдат достъпни и превозни средства, работещи с водород, като той може да бъде чист или да се използва в комбинация с други химични елементи, бидейки съставен елемент от синтетично гориво. Транспортният сектор е отговорен за 29% от вредните емисии в атмосферата.

Освен това товарните автомобили представляват 5% от всички превозни средства, но допринасят за 20% от вредните емисии и създават най-много азотни оксиди в сравнение с останалите превозни средства. Към момента в САЩ функционират около 50 зарядни станции за водород, като те снабдяват близо 12 000 превозни средства. Тенденцията към 2022г. е била стойността на килограм водород да възлиза на 13 щатски долара, като с напредване на технологиите се предвижда водородът да бъде още по-достъпен. Стремежът на Американското министерство на енергетиката е да стимулира както разработването на производството на по-евтин водород, така и на увеличаване на пробег на автомобилите с един килограм водород. Към момента това количество е достатъчно за изминаване на 100 км, като стремежът е към 2032 г. е да се достигне среден пробег от 160 км за килограм водород, като цената му е един долар. [1]

АВТОМОБИЛИТЕ

Леките автомобили са сред най-масово използваните превозни средства и внедряването на водородни технологии в тях е особено важно. Особено за товарните автомобил и автобусите, които осъществяват превози на дълги разстояния. [2] За да могат да отговорят на съвременните изисквания на ЕС автомобилните производители инвестират значителни усилия в проучвания и разработки на автомобили с водородна горивна клетка. Toyota е производителят с най-обширна гама превозни средства, задвижвани с водород. Още през 2014 от японската компания представиха водороден автомобил Mirai, който вече има второ поколение. Зареждането на пълен резервоар с водород отнема около 5 минути и автомобилът не е оборудван с тежки батерии, които отнемат от полезния товар. Основавайки се на своя опит от японския производител работят върху водороден пикап Hilux, товарен автомобил, както и състезателен автомобил. Освен това от марката разработват и технологии, чрез които да задвижат конвенционални двигатели с вътрешно горене и искрово възпламеняване на вече продадени и експлоатирани автомобили. [3] И други производители работят върху автомобили, задвижвани с водородни горивни клетки. Hyundai също представи свое второ поколение на водородния си модел NEXO. При него производителят е увеличил пробег до 700 км с едно зареждане, базирайки се своя 27-годишен опит в разработките на водородните технологии. За северна Америка компанията предлага и товарен автомобил XCIENT, тип седлови влекач с три оси и задвижване с водородна горивна клетка, чиято мощност е 180 kW, подпомагана от батерия с капацитет 72 kWh. На борда на товарния автомобил могат да се съберат до 68 kg водород, разпределени в 10 резервоара, като това количество е достатъчно за изминаване на максимум 730 km. [4]

Немският производител BMW разработва SUV на базата на модела X5, който да се задвижва от водородна горивна клетка. Тази разработка се отличава от останалите с високата си мощност от 295 kW, като при нея разходът на водород е 1,19 килограма за 100 км. Това означава, че двата резервоара с обща вместимост 6 kg могат да осигурят енергия за 504 km. [5]

Автобусите, които се задвижват с водород имат по-различно разпределение на елементите, свързани с горивната система. При тях обикновено бутилките за съхранение на водород и батериите са монтирани на покрива на превозното средство, докато горивната клетка/клетки е поставена в задната част, както е при модела ELEC CITY на Hyundai Фиг.1. [4]



Фиг. 1. Схема на автобус Hyundai ELEC CITY [4]

Други производители също предлагат автобуси, задвижвани с водород, като Karsan, както и Solaris с модела си 18, който е съчленен. Компанията Ballard предлага дори двуетажен автобус, като освен него има и нискоемисионни решения за товарни автомобили, ЖП-транспорт и кораби. [6] Впечатление преви, че към момента що се касае до автобусите се предлагат предимно градски автобуси, а не и такива, които са предназначени за извънградски пътувания. Това е разбираемо с оглед на слабата мрежа от зарядни станции, която би могла да се осигури ограничено количество гориво в отделни точки.

Товарните автомобили освен в горивни клетки използват водорода и в двигатели с вътрешно горене, като от DAF предпочитат тази технология, защото по този начин не се губи полезен товар заради необходимите батерии, като и поради факта, че работата на двигателите не се влияе от чистотата на водорода. [7] Други производители на двигатели с вътрешно горене също се придържат към тази технология, като посочват и ремонтпригодността и това, че техническият състав, обслужващ превозните средства притежава нужните умения за обслужване и ремонт на двигателите с вътрешно горене.

ЖЕЛЕЗНИЦИТЕ

Железопътният транспорт е тясно свързан с шосейния и освен, че често взаимодействат един с друг в тях се използват и сходни технологии, що се касае за задвижването им. При влаковете също биха могли да се използват водородни горивни клетки и двигатели с вътрешно горене, работещи с водород. Мотрисните влакове се задвижват от водородни горивни клетки, като разпределението на основните компоненти на силовия тракт е сходно с това на съответните автобуси. При железопътните превозни средства, работещи с водород е възможно да се съхранява на борда гориво за повече километри, като пълненето става бързо и безопасно. Преди обаче изцяло водородното бъдеще на железниците да стане факт ще се използват алтернативни горива, като природен газ и амоняк. И при железниците и при автомобилите се използват протон-проводящи горивни клетки. Предизвикателството пред този вид клетки е да достигнат, ефективността, разходите и издръжливостта на конвенционалните дизелови двигатели. Очаква се този тип клетки да станат конкурентно способни във всички отношения към 2030 г. Изследванията показват, че в близко бъдеще технологията на твърдооксидните клетки ще се развие достатъчно, за да могат и те да намерят приложение в транспорта. [8]

Влаковете с водородна горивна клетка са и по-тихи от тези с ДВГ, а и проучванията показват, че с едно зареждане са способни да изминат до 1000 км при скорост от 140 km/h. [9] Ниските нива на шум са особено важни в населените райони, което повдига и естествения въпрос за разработване на водородни трамваи, което би облекчило градската среда от контактната мрежа на уличните железници. При тези превозни средства една от компаниите, разработили свое изделие е Hyundai Rotem. Водородният трамвай е с пробег от 150 км, като акумулаторните му батерии позволяват движение изцяло без да се задейства горивната клетка. [12]

Безопасността на железопътните превози е свързана не само със надеждността на горивните системи на водородните инсталации, но и е пряко свързана с пасивната безопасност на подвижния състав. Новото гориво и необходимото оборудване предполагат и различни методи на конструиране на локомотивите и вагоните. Описаните в нормативните документи по-леки и по-устойчиви материали освен със сигурността са в пълен синхрон и с търсената повишена ефективност на подвижния състав. [11]

ПРЕНОС И СЪХРАНЕНИЕ НА ВОДОРОД

Доказано е, че цената за изграждане на тръбопроводи за пренос на водород на дълги разстояния и цената за изграждане на далекопроводи за пренос на ток са сходни, но тръбопроводът има капацитет за пренос на повече енергия. На борда на превозните средства водородът трябва да бъде компресиран до 350 bar или да бъде охладен до -253°C, което изисква съществено количество енергия, намалявайки ефективността на водородните технологии. [10] При съхранение на водород в превозните средства трябва да се има предвид и специална вентилация на помещенията, в които са гарирани. Поради ниската си плътност той се издига над въздуха и съответно вентилационните системи следва да бъдат монтирани във високите части на помещенията.

ЗАРЕЖДАНЕ С ВОДОРОД

Установено е, че към края на 2022 г. в света са съществували 841 зарядни станции за водород. Тези съоръжения са сложни от конвенционалните станции за зареждане с фосилни горива. Специфичните компоненти включват криогенни резервоари под високо налягане, мощни компресори, охладителни модули и др. [10]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От извършения обзор на наземните превозни средства, използващи водород за своето задвижване е видно, че направените разработки обхващат голям спектър от транспортните нужди. Освен това в процеса на разработката им са отстранени редица проблеми, свързани с безопасността и ефективността. В съответствие с техническия прогрес са предвидени и редица регулации, които да въведат правила за масовото използване на новата технология. С постигнатото до този момент са поставени основите на нов устойчив вид транспорт, който да осигури автономната мобилност в бъдеще и прекрои генерално транспортния сектор.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] United States Department of Energy, 2022, <https://www.energy.gov>
- [2] СЪОБЩЕНИЕ НА КОМИСИЯТА ДО ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ, СЪВЕТА, ЕВРОПЕЙСКИЯ ИКОНОМИЧЕСКИ И СОЦИАЛЕН КОМИТЕТ И КОМИТЕТА НА РЕГИОНИТЕ, Брюксел, 9.12.2020
- [3] Toyota, <https://www.toyota.co.uk>

- [4] Hyundai, www.hyundai.news
[5] BMW, <https://www.bmw.com>
[6] Ballard, <https://www.ballard.com>
[7] DAF, <https://www.daf.co.uk>
[8] Dante Luiz Da Ros Hollanda, Paulo Emílio Valadão de Miranda, New analysis strategy for hydrail freight locomotives: Case study and replication, 20 December 2023
[9] Cummins, <https://www.cummins.com>
[10] Daniel Ding, Xiao-Yu Wu, Hydrogen fuel cell electric trains: Technologies, current status, and future, march 2024
[11] Павлов В., АСПЕКТИ НА ПАСИВНАТА БЕЗОПАСНОСТ НА ЖЕЛЕЗОПЪТНИ ВОЗИЛА В СЪОТВЕТСТВИЕ С ИЗИСКВАНИЯТА НА ЕВРОПЕЙСКИ СТАНДАРТ, ISSN 2367-6620, том 21, брой 3/1, 2023 г., статия № 2376, (II-6) – (II-18) стр.
[12] Hyundai Rotem, <https://tech.hyundai-rottem.com>

HYDROGEN AND GROUND TRANSPORT

Veselin Naydenov

v_naydenov@vtu.bg

*Todor Kableskov University of Transport
Sofia, st. Geo Milev – 158
BULGARIA*

Key words: *hydrogen vehicles, hydrogen fuel cells, harmful emissions, freight trucks, trains, trams, refueling stations*

Abstract: *The aim of this paper is to present and cover the wide range of existing conventionally powered vehicles that should gradually be replaced by their hydrogen-powered equivalents. Due to several disadvantages associated with hydrogen technologies, hydrogen-powered vehicles are still not widely adopted.*

In order for hydrogen to be accepted as a viable alternative to vehicles with internal combustion engines—and in some cases, even to purely electric vehicles—a broad range of hydrogen-powered vehicles must be developed, offering sufficient convenience and cost-effectiveness in operation. Beyond reducing harmful emissions and eliminating dependency on fossil fuels, hydrogen-powered vehicles must also be efficient and safe, in line with increasingly stringent modern standards.

Regardless of their type and purpose, hydrogen vehicles require specialized infrastructure to fulfill the tasks expected of them in the future. Ground transport is particularly suitable for the development of these technologies, given its ubiquity and the lower consequences of propulsion failure compared to air or water transport. On a global scale, there is already substantial experience that can serve as a foundation for national-level research and development in our country. The scientific and technical potential in Bulgaria should be engaged with this topic in order to ensure a smooth and trouble-free transition to the widespread use of hydrogen in various sectors of the economy.