

УДК 629.331

ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ С ДВИГАТЕЛЯМИ, РАБОТАЮЩИМИ НА ВОДОРОДНОМ ТОПЛИВЕ

Горбунов Роман Сергеевич, мл. науч. сотр.,
НТО (дислокация г. Ростов-на-Дону) ФКУ НПО «СТиС» МВД России, Россия, 344092,
г. Ростов-на-Дону, ул. Добровольского 11/7, gorbunov155125@yandex.ru

Деркачев Игорь Сергеевич, канд. техн. наук,
НТО (дислокация г. Ростов-на-Дону) ФКУ НПО «СТиС» МВД России, Россия, 344092,
г. Ростов-на-Дону, ул. Добровольского 11/7, derk-igor@yandex.ru

Сорочкина Оксана Юрьевна, канд. техн. наук, доц.,
ФГБОУ ВО ДГТУ, Россия, 344002, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д.1,
oxisor@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены возможность и перспективы применения в системе органов внутренних дел Российской Федерации автомобильного транспорта с силовыми установками, использующими в качестве топлива водород. Приведены основные способы получения водородного топлива, описаны традиционные типы топлива с водородом, а также указаны их энергетические параметры и экологические характеристики. Рассмотрена конструкция двигателя, работающего на водородном топливе, его основные достоинства и недостатки. Рассмотрены основные эксплуатационные характеристики силовых установок, работающих на водородном топливе, а также их эффективность в сравнении с транспортными средствами, с электрическими силовыми установками.

Ключевые слова: транспортное средство, водородное топливо, топливные элементы, экологическая чистота, двигатель внутреннего сгорания, эффективный энергоноситель.

PROSPECTS FOR THE OPERATION OF CARS WITH HYDROGEN-FUELED ENGINES

Gorbunov Roman S., junior researcher,
Scientific and Technical Department (dislocation, Rostov-on-Don) of the Federal government institution scientific and production association special equipment and telecoms of the Ministry of the internal affairs of the Russian Federation, 11/7, st. Dobrovol'skogo, Rostov-on-Don, 344092, Russia, gorbunov155125@yandex.ru

Derkachev Igor S., Ph.D.,

Scientific and Technical Department (dislocation, Rostov-on-Don) of the Federal government institution scientific and production association special equipment and telecoms of the Ministry of the internal affairs of the Russian Federation, 11/7, st. Dobrovol'skogo, Rostov-on-Don, 344092, Russia, derk-igor@yandex.ru

Sorochkina Oksana Yu., Ph.D., associate professor,

Don State Technical University, 1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344002, Russia, oxisor@yandex.ru

Abstract. The article considers the possibility and prospects of using motor transport with power plants using hydrogen as fuel in the system of internal affairs bodies of the Russian Federation. The main methods of producing hydrogen fuel are given, traditional types of fuel with hydrogen are described, as well as their energy parameters and environmental characteristics are indicated. The design of an engine running on hydrogen fuel, its main advantages and disadvantages are considered. The main operational characteristics of power plants powered by hydrogen fuel are considered, as well as their efficiency in comparison with vehicles powered by electric power plants.

Key words: vehicle, hydrogen fuel, fuel cells, environmental cleanliness, internal combustion engine, efficient energy carrier.

Введение. Ухудшение экологической обстановки, истощаемость природных ресурсов и повышение сложности добычи углеводородов, а также рост цен на традиционные виды топлива служат предпосылками для постепенного перевода, как гражданских автомобилей, так и транспортных средств (ТС), используемых в служебной деятельности МВД России, на альтернативные виды топлива.

Как известно, традиционные виды топлива получают с помощью переработки нефти, запасы которой неуклонно сокращаются. Так в 2010 году запасы нефти в России превышали 28 млрд тонн, однако сейчас они уже составляют не более 19 млрд тонн. Такая же тенденция прослеживается и с резервами природного газа. В 2016 году резервы природного газа в России оценивались в 70 трлн кубометров, однако сейчас эти запасы не превышают 49,2 трлн кубометров [1].

Также стоит отметить, что за минувшие 25 лет на территории Российской Федерации удалось разведать в десять раз меньше новых месторождений углеводородов, чем за предыдущие годы. Большинство ранее разведанных и разрабатываемых месторождений истощаются или уже истощились, из-за постоянного увеличения темпов добычи. Так, например, добыча нефти в России в 2021 году выросла на 2,2% и составила до 524,05 млн тонн по сравнению с 2020 годом [2].

Стоит также отметить, что наиболее значительный вред экологической обстановке наносят транспортные средства (ТС) именно с классическими двигателями внутреннего сгорания (ДВС), работающие на традиционных видах топлива. Так в нашей стране ими ежегодно в окружающую среду выбрасывается более 14 млн тонн загрязняющих веществ, что составляет около 40 % от общего числа выбросов [3]. Вышеуказанные обстоятельства в совокупности с непрерывным ростом количества ТС с классическими ДВС приводят к необходимости поиска дополнительных сырьевых баз, альтернативным видам топлива и снижения уровня выброса загрязняющих веществ.

Учитывая сложившуюся обстановку, одним из вариантов решения данной проблемы является использования ТС с водородным двигателем (ВД).

Основная часть. ТС с ВД – это различные ТС оснащенные электрохимическим генератором, который, используя реакцию преобразования, окисляет водород, получая вместо него водяной пар, азот и электричество, которое в дальнейшем используется для силовой установки. Таким образом, на выходе получается выхлоп с нулевым содержанием углекислого газа [4].

В зависимости от типа силовой установки ТС с ВД могут быть как с газотурбинными двигателями, так и с водородными топливными элементами (ВТЭ). Рассмотрим подробнее силовую установку на ВТЭ.

Конструкция и принцип действия ТС с силовой установкой на ВТЭ (рис. 1) во многом схожа с конструкцией электрокара классической компоновки, за исключением объемной литий-ионной аккумуляторной батареи, особой конструкции главного источника энергии и наличия систем хранения водорода. В свою очередь ВТЭ, с точки зрения конструкции, является своеобразным аналогом аккумуляторной батареи с высокими показателями коэффициента полезного действия.

Таким образом, необходимость наличия стандартной аккумуляторной батареи в таком ТС обусловлена лишь необходимостью хранения накапливаемой энергии, получаемой при рекуперативном торможении.

Система хранения водородного топлива в ТС с силовой установкой на ВТЭ представляет собой один или пару баллонов, заправляемых за 3 мин. пятью кг водорода, которого в среднем хватает на 500 км.

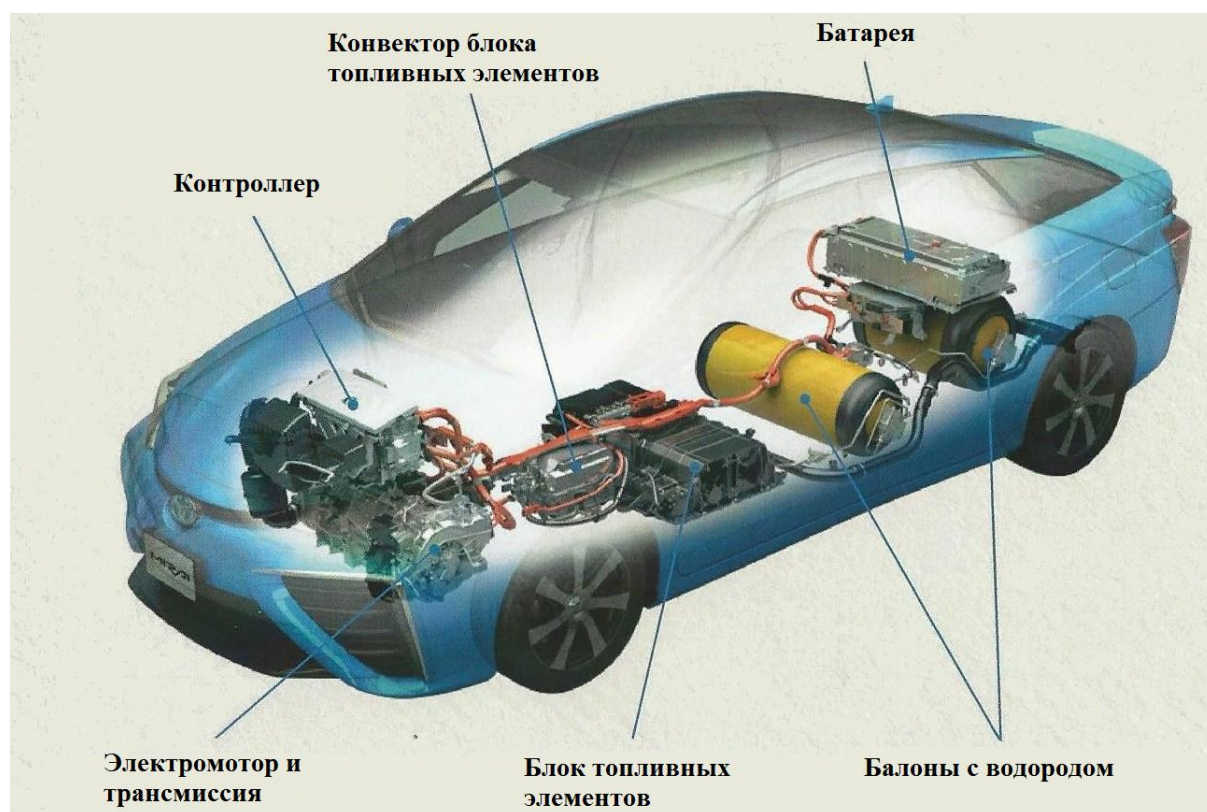


Рис. 1. Схема ТС с силовой установкой на ВТЭ

Однако главным источником энергии такого ТС является система из нескольких ячеек ВТЭ, внутри которых и происходит реакция преобразования водорода в электроэнергию, который затем поступает к электромоторам. Конструкция ячейки ВТЭ представляет собой пару пористых электродов – анода и катода, которые разделены полимерной мембраной, каждый электрод покрыт тонким слоем дорогостоящего редкоземельного металла – платины, выполняющего роль катализатора [5]. Таким образом, мембранный элемент разделяет корпус ячейки на две части – емкость с анодом и рабочую камеру с катодом.

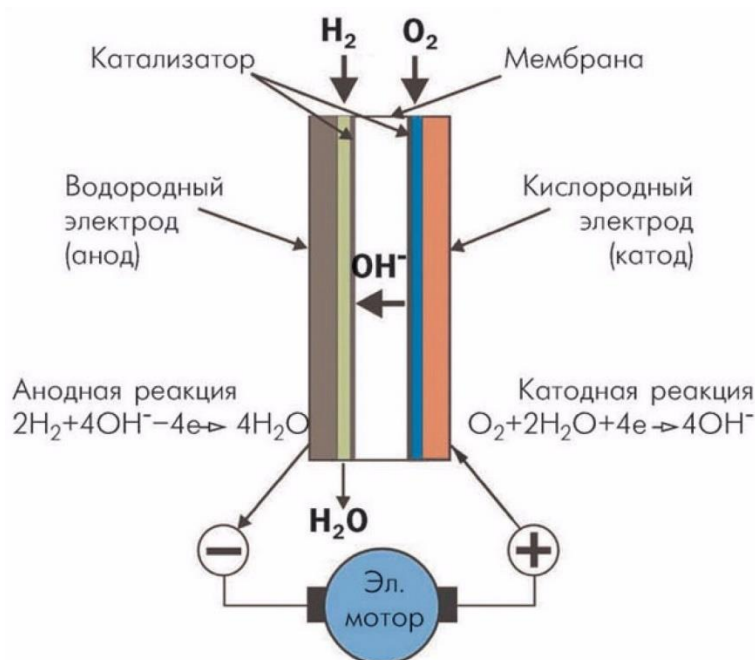


Рис. 2. Принцип работы ячейки ВТЭ

Рабочая камера с анодом заполняется водородом из баллона, а в емкость с катодом подается атмосферный кислород. В момент физико-химической реакции, водород, проходя через покрытые катализатором электроды мембраны, начинает терять электроны, которые задерживаются и создают необходимое напряжение. Одновременно с этим протоны водорода, проходя сквозь мембрану к катоду, взаимодействуют с поступившими извне электронами и на выходе образуют водяной пар. Результатом физико-химической реакции является выделение воды и поступление электронов из

анодной камеры в электрическую цепь, подключённую к силовому агрегату (рис. 2).

Принимая во внимание положения Энергетической стратегии Российской Федерации [6], влияние на окружающую среду и прогноз специалистов в сфере углеводородной индустрии можно сделать вывод, что исследования в области водородных технологий являются актуальными и перспективными, а применение ТС с ВД позволит существенно улучшить экологическую обстановку.

В сравнении с ТС, использующие электрические аккумуляторные батареи, ВД в настоящее время занимает проигрышную позицию и имеет явные недостатки. В частности можно выделить разницу в стоимости обслуживания ТС на ВД и электрических аккумуляторных батареях, которая составляет в 540 рублей и 180 рублей на 100 км соответственно [7]. Однако полная зарядка ТС с ВД составляет около 3 минут в противовес электрокару, который можно зарядить полностью лишь спустя 35-75 минут.

Но, несмотря на недостаток в стоимости обслуживания ВД имеет преимущество перед электрическими аккумуляторными батареями в долговечности. Срок службы стандартного аккумулятора в электрокаре рассчитан на период от трех до пяти лет, в тоже время ячейка ВТЭ рассчитана на период работы от восьми до десяти лет. Также стоит отметить, что ВД не теряют заряд на морозе, имеют меньший вес батарей в отличие от электрокаров и могут использоваться не только в ТС, но и в качестве стационарного резервного питания для небольших сооружений. Например вышки операторов сотовой связи.

В качестве основных недостатков ВД можно выделить отсутствие необходимой инфраструктуры, дороговизны добычи водородного топлива и повышенной опасности самовоспламенения. И если необходимая инфраструктура и отлаженные логистические цепочки сейчас развиваются с помощью принятого в России [8] закона в поддержку экологичного

транспорта, а Международное энергетическое агентство прогнозирует, что цена водорода к 2030 году упадет минимум на 30% [9], что сделает водород сопоставимым по цене с другими видами топлива [10].

Проблема высокой самовоспламеняемости водорода в условиях выполнения служебной деятельности сотрудниками МВД России имеет неприемлемый риск и в случае пренебрежения может иметь катастрофические последствия. Важно понимать, что для использования в ВД водород сжимают в 850 раз [11], из-за чего давление газа достигает 700 кг/см². Высокое давление в сочетании с повышенной летучестью, что позволяет водороду проникать даже в микрощели, и высокой температурой при малейшей искре может вызвать воспламенение или мгновенную детонацию.

Дополнительные меры безопасности ВД, в частности специальные системы хранения и баллоны из углепластика, делают ТС не только дорогим, но и не исключают полностью вероятность взрыва.

Заключение. Общемировые проблемы ухудшения экологической обстановки совместно с интенсивным развитием отрасли производства наряду с истощаемостью разведанных месторождений углеводородов является стимулирующим инструментом для исследования и продвижения технологий альтернативных видов топлива. В настоящее время водород является одним из немногих эффективных альтернативных видов топлива по экологическим и эксплуатационным показателям. Данный вид топлива и силовые установки, использующие его, обладают следующими достоинствами:

- отсутствие загрязняющих окружающую среду факторов при производстве и использовании водорода в качестве топлива;
- быстрая скорость заправки ТС по сравнению с электрическими автомобилями;
- повышенный срок службы водородных аккумуляторов;

- доступный вид топлива, не требующий углеводородов.

К недостаткам же можно отнести следующие факторы:

- повышенный риск самовоспламеняемости;
- увеличение стоимости обслуживания;
- сложность конструкции;
- использование в конструкции редкоземельных материалов.

Однако, несмотря на вышеуказанные достоинства, данный вид альтернативного топлива и ТС с ВД в настоящий момент является менее перспективным для внедрения в систему МВД России. Но стоит отметить, что в этом направлении проводятся значительные научно-технические работы по более широкому применению водорода в качестве альтернативного вида топлива.

Отсюда следует, что использование водородного топлива на ТС как гражданского назначения, так и ведомственного, является перспективным вопросом, который может обладать высоким технико-экономическими и экологическими результатом. Для чего необходимо решить некоторые технические и организационно-структурные вопросы.

Список литературы

1. На сколько лет России хватит нефти и газа. – URL: <https://ria.ru/20210921/zapasy-1751002337.html>
2. Добыча нефти в России. – URL: <http://global-finances.ru/dobyicha-nefti-v-rossii-pogodam/#:~:text=Добыча%20нефти%20в%20России%20в,по%20годам%3A%201991%20-%202022>
3. Николайчук, Л.А. Современное состояние и перспективы развития рынка газомоторного топлива в России / Л.А. Николайчук, В.Д. Дьяконова // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2016. – Т. 8. – № 2.
4. Водородный двигатель. – URL: <https://steepmen.ru/vodorodnyy-dvigatel/>
5. Конструкция водородного двигателя. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6048e0629a794750974c67a7>

6. Энергетика России. Стратегия развития. (Научное обоснование энергетической политики) / под общ. ред. В.В. Бушева. – М.: ГУ ИЭС Минэнерго России, 2003. – 800 С.
7. Водород или чистое электричество. – URL: <https://www.ixbt.com/news/2020/12/06/toyota-mirai-ii-tesla-model-s.html>
8. Льготы для экотранспорта. – URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2020/11/18/847504-lgoti-ekotransporta>
9. Будущее водорода. – URL: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>
10. Экономика преобразования возобновляемой энергии в водород. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41560-019-0326-1>
11. Может ли зеленый водород промышленного масштаба быть экономически конкурентоспособным к 2030 году? – URL: <https://energy.mit.edu/news/can-industrial-scale-green-hydrogen-be-cost-competitive-by-2030/>

References

1. URL: <https://ria.ru/20210921/zapasy-1751002337.html>
2. URL: <http://global-finances.ru/dobyicha-nefti-v-rossii-pogodam/#:~:text=Добыча%20нефти%20в%20России%20в,по%20годам%3A%201991%20-%202022>
3. Nikolaychuk L.A., Diakonova V.D. Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIYE», 2016, Vol. 8, no. 2.
4. URL: <https://steepmen.ru/vodorodnyy-dvigatel/>
5. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6048e0629a794750974c67a7>
6. Ed. Bushev V.V. *Energetika Rossii. Strategiya razvitiya. (Nauchnoye obosnovaniye energeticheskoy politiki)* (Energy of Russia. Development strategy. (Scientific justification of energy policy)), Moscow, GU IES Minenergo Rossii, 2003, 800 p.
7. URL: <https://www.ixbt.com/news/2020/12/06/toyota-mirai-ii-tesla-model-s.html>
8. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2020/11/18/847504-lgoti-ekotransporta>
9. URL: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>
10. URL: <https://www.nature.com/articles/s41560-019-0326-1>
11. URL: <https://energy.mit.edu/news/can-industrial-scale-green-hydrogen-be-cost-competitive-by-2030/>

Рецензент: М.С. Степанов, д-р техн. наук, проф., Донской государственный технический университет