

УДК 629.33

## ВОДОРОД КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВИД ТОПЛИВА

**В. И. КРАВЧУК, И. И. ПИЛИПЁНОК***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Т. В. ВИГЕРИНА)*

*В статье изучены тенденции получения и применения водородного топлива в транспорте, и перспективы его интеграции на территории республики Беларусь. Выполнено структурирование знаний об особенностях водородного топлива, перечислены достоинства и недостатки.*

**Цель работы:** рассмотреть тенденции получения и применения водородного топлива в транспорте, и перспективы его интеграции на территории республики Беларусь. Структурировать знания об особенностях водородного топлива.

Водород (H, лат. hydrogenium) – химический элемент периодической системы с обозначением H и атомным номером 1, самый лёгкий из элементов периодической таблицы. При стандартных температуре и давлении водород – бесцветный, не имеющий запаха и вкуса, нетоксичный двухатомный газ с химической формулой H<sub>2</sub>, который в смеси с воздухом или кислородом горюч и крайне пожаро- и взрывоопасен. Растворим в этаноле и ряде металлов: железе, никеле, палладию, титане, платине, ниобии.

Водородное топливо – это топливо, которое поставляется на заправки в твердом, газообразном или жидком состоянии. [1]. В 1 килограмме газообразного водорода столько же энергии как в бензине объемом 1 галлон (6,2 фунта, 2,8 килограмма). Примерное время одной заправки составляет не более 3-5 минут.

Получение водорода может быть выполнено следующими способами:

Электролиз воды – это выделение водорода из воды с помощью электричества. Электролиз воды – экологически чистый, но при этом очень энергоёмкий и, следовательно, затратный процесс. Для производства 1 м<sup>3</sup> расходуется 2,5-8 кВт·ч – это в 3 раза больше, чем, например, требуется при пиролизе.

Конверсия (паровая конверсия метана) [3]. Этот природный газ нагревают до температуры 1000 °C и смешивают с катализатором. Этот метод будет работать до тех пор, пока метан не закончатся в недрах земли. Реформированный водород – самый популярный и дешёвый метод создания. На данный момент риформинг метана является самой распространённой технологией производства H<sub>2</sub>. Он гораздо дешевле «зелёного» водорода, получаемого посредством электролиза, но из-за высокого углеродного следа не отвечает требованиям полностью декарбонизированного будущего.

Газификация биомассы – это извлечение водорода в реакторе из отходов животных и сельского хозяйства, а также сточных вод. Сейчас существуют огромные территории с биомассой, потенциал которой не оценён и тратится впустую.

Пиролиз – это процесс разложения метана на водород и чистый углерод, но только не в виде газа, а в твёрдом состоянии. Соответственно, углекислый газ не выбрасывается в атмосферу, а складывается в твёрдом состоянии. [2] Данный метод не требует улавливания и подземного хранения, поэтому может применяться в качестве промышленного материала для производства углеродных материалов. Пиролиз может бороться с электролизом воды благодаря относительно недорогой технологии.

Уголь. Типичная цепочка производства водорода на основе угля включает в себя три элемента:

- производство непосредственно водорода;
- хранение водорода;
- транспортировка водорода потребителям.

Процесс производства водорода из угля основан на его газификации. Сначала собирают газ, содержащий CO и H<sub>2</sub>, затем из него удаляют окислы и адсорбируют с целью получения водорода определенной чистоты.

На современном этапе производство водорода из угля в Китае доминирует, оно относительно менее затратно. Но процесс сопровождается большими выбросами сопутствующего CO<sub>2</sub>. Кроме этого, большинство предприятий эксплуатируются локально, что объясняется тем, что экономически эффективный метод крупномасштабного хранения и транспортировки водорода остается нерешенной проблемой.

Варианты использования водородного топлива в транспорте приведены на рисунке 1.

Использование как основного вида топлива, так и в качестве добавок в двигателях внутреннего сгорания (ДВС). Применении только водорода в качестве топлива сопровождается значительными потерями мощности ДВС, отработавшие газы все же содержат некоторое количество токсичных веществ, которые образуются в результате химических реакций вследствие высокой температуры в камере сгорания. К достоинствам можно отнести отсутствие конструктивных изменений в автомобиле и двигателе в целом.

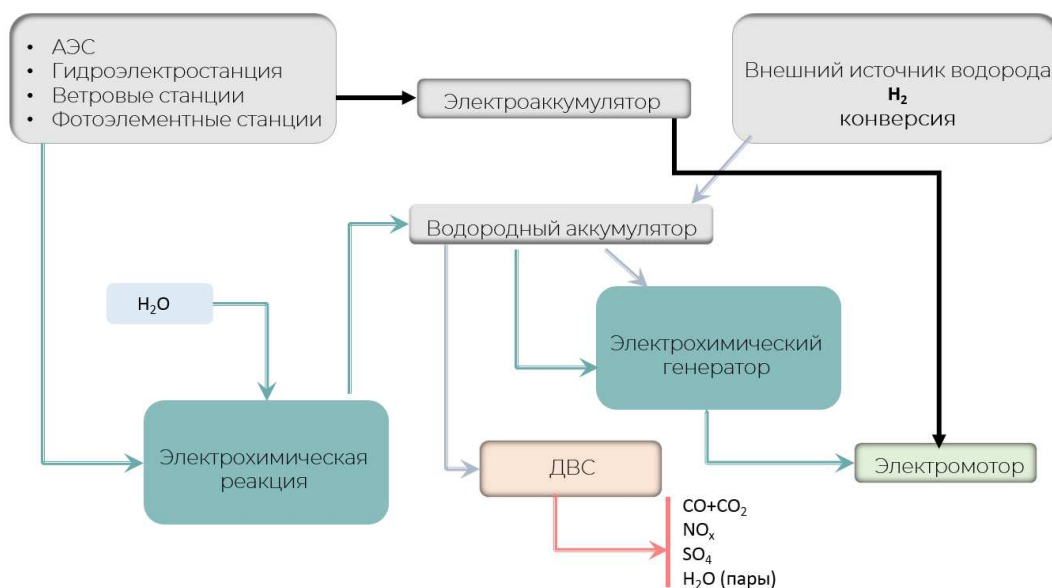


Рисунок 1. – Применения водородного топлива

При смешивании водорода с бензиновым топливом, повышается экономичность автомобиля на 30-40% и снижаются выбросы. Из недостатков – большой вес автомобиля и большое количество ответственных деталей и узлов.

Направлять водород в электрохимический генератор (другое название – топливные элементы, реакции водорода и кислорода). Генератор вырабатывает электрическую энергию, которая подается на электродвигатель (рис.2).

### Машина с водородным двигателем

Японский производитель «Тойота» выпустила машину с водородным двигателем. Стартовая цена водородной «Тойоты» составляет 57,5 тысячи долларов

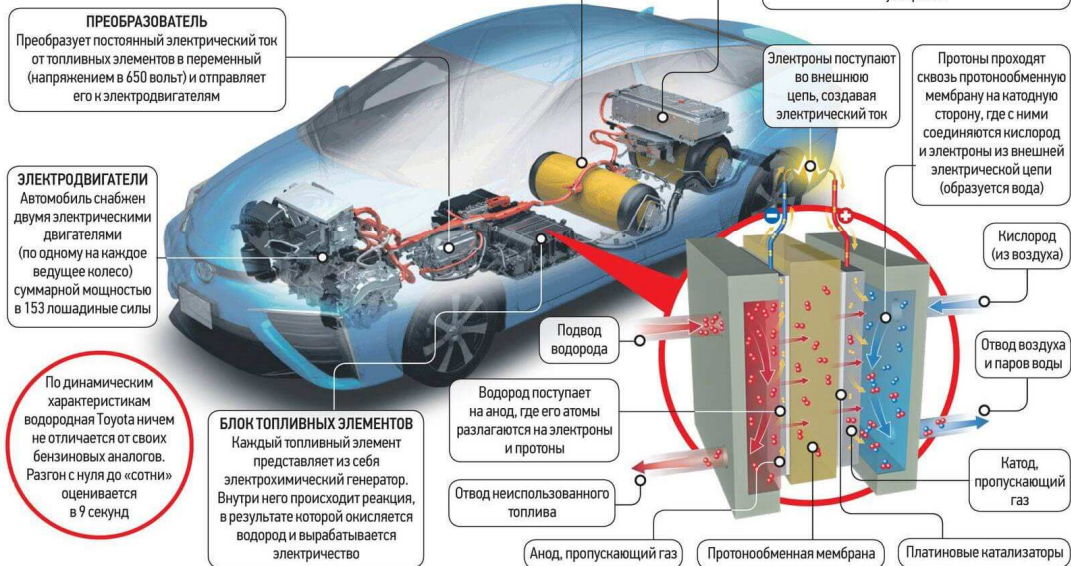


Рисунок 2. – Схема устройства Toyota Mirai Fuel Cell Vehicle

Основными компонентами автотранспортного средства являются электрохимический генератор (ЭХГ) на водородных топливных элементах, буферная аккумуляторная батарея, электрический мотор-генератор, управляющая и силовая электроника – последняя пред назначена для коммутации силовых электрических цепей. При динамичном разгоне батарея приходит на помощь ЭХГ. Кроме того, она ис-

пользуется для запуска генератора, а также для накопления энергии, вырабатываемой при торможении (режим рекуперации). Кроме водорода, для функционирования топливных элементов необходим кислород. Он поступает в ЭХГ вместе с воздухом, который предварительно очищается от углекислого газа. А ключом к успеху служит совершенствование характеристик топливных элементов. Примерам работы такой системы является Toyota Mirai Fuel Cell Vehicle [4].

**Водородное топливо в общественном транспорте.** В Германии эксплуатируются пригородные электрички на водороде: Coradia iLint. Они представляют собой небольшие поезда с двумя электромоторами, электричество для которых поступает не из воздушной контактной сети, а из источника энергии в самом поезде. На крыше Coradia iLint установлена цистерна с водородом и топливный элемент (или ячейка). В нем водород соединяется с кислородом, в результате чего возникает электрический ток. Более того, они уже успешно отработали свои первые 100 тысяч километров. Это произошло в июле, спустя десять месяцев после начала регулярной перевозки пассажиров по стокилометровому маршруту между городами Бремерхафен, Куксхафен, Букстехуде и Бремерфёрде.

Внутри новый поезд вообще неотличим от своих собратьев, а вот с технической точки зрения Coradia iLint - это прорыв, так как это первый в мире поезд на водородных топливных ячейках. Максимальная скорость Coradia iLint – 140 км в час. Дальность поездки на одной заправке - от 800 до 1000 километров, а сама заправка длится около 15 минут. [5]

Первый маршрут водородного скоростного автобуса (BRT) запущен на юге Франции и включает восемь 18-метровых автобусов Van Hool Exqui. City Fuel Cell, обслуживающих специальный шестиклометровый маршрут. [6]

В автобусах на экологически чистой энергии, топливные элементы используются для выработки первичной энергии, а литий-ионные батареи Ballard Power Systems для предоставления дополнительной энергии, поэтому единственным источником выбросов является водяной пар. Каждый автобус имеет длину более 18 метров, вмещает 125 пассажиров и может проехать более 300 километров на одной заправке водородом

К недостаткам водородного топлива можно отнести:

Отсутствие эффективного способа добычи газа, т.к. побочным эффектом является загрязнение окружающей среды.

Сейчас 95% водорода производится из углеводородов с помощью реакции паровой конверсии или частичного окисления, который остаётся от природного газа или углеводородов CO<sub>2</sub>, тот самый с которым все страны дружно борются развитием альтернативной энергетики и альтернативных автомобилей.

Теоретически, водород можно получать электролизом, но сейчас такой газ для США будет в 3 раза дороже получаемого из метана. Более того, так как получение электричества не экологически чистый процесс, а конверсия электричества в водород, затем обратно из водорода в электричество в топливных элементах имеет низкий суммарный КПД, выбросы будут значительно выше, чем для электромобилей.

Для создания сети водородных заправок требуются внушительные средства (около 2 млн. долл. на одну среднюю заправку). Одна электрическая заправка стоит 200т–300т.\$

Высокая стоимость автомобиля., так же значительные выбросы загрязнений на их создание.

Передвижение возможно лишь в тех местах, где имеются заправки.

Стоимость заправки: 90 кВт\*ч= +- 15р (4,3р за 1 км) побег 350-400 км.

Бензин. Бак: 55л. Стоимость: АИ-98–2,02р. (111,10р/ 11.7р за 1 км). Дизель– 1,88 (103.40р/ 10.9р за 1 км). Пробег на одном баке:950-1000км. (6л/100км)

Водород. Бак: 5 л. Пробег: 500 км. Стоимость: 24р за 1л. (120р./ 24р за 1км).

Водородный автомобиль тяжёлый из-за сложной конструкции: много топливных ячеек, аккумулятор, электропреобразователь, большие баллоны для водорода, где давление 700 атм. В электромобиле всё проще – требуется только место под большой АКБ.

Пожароопасность и взрывоопасность.

Водород при смеси с воздухом образует взрывоопасную смесь – гремучий газ.

Наибольшую взрывоопасность – при объемном отношении водорода и кислорода 2:1, или водорода и воздуха приближенно 2:5, так как в воздухе кислорода содержится примерно 21%.

Водород применяется только для местного потребления в химии/нефтегазохимии, металлургии.

Достоинства водородного топлива:

Нет вредных выбросов в атмосферу. (при использовании топливных ячеек).

Водородные двигатели практически не имеют вибраций и шума.

Быстрая заправка – менее 5 минут.

**Заключение.** В статье рассмотрены перспективные направления использования водородного топлива и структурированы знания об его использовании на автомобильном транспорте и в других промышленных областях.

На данный момент водородная энергетика является перспективным вектором развития РБ. На определенных предприятиях уже применяется водород в тех. процессах, что, при необходимости, позволит за счёт увеличения мощностей установок решать вопрос получения водорода, который можно применять в личном и общественном транспорте (поезда, автобусы и т.д.). Географическое расположение Республики Беларусь в центре Европы позволит построить взаимовыгодные энергетические отношения с европейскими странами, которые развивают водородную энергетiku.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Альтернативные энергоносители на автотранспорте: эффективность и перспективы / Л. П. Падалко, Ф. Ф. Иванов, В. И. Кузьменок; под науч. ред. А.Е. Дайнеко; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики. – Минск: Беларуская навука, 2017. –263.
2. Автомобильные эксплуатационные материал: учеб. Пособие / В. А. Хитрюк, А. К. Трубилов.– Минск: РИПО, 2013. –323.
3. Alternative Fuels Data Center: Hydrogen Production and Distribution [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://afdc.energy.gov/fuels/hydrogen\\_production.html](https://afdc.energy.gov/fuels/hydrogen_production.html)
4. Toyota Mirai Fuel Cell Vehicle [Электронный ресурс] – 2021 – Режим доступа: <https://www.toyota.com/mirai/>. – Дата доступа: 02.04.2021
5. Coradia iLint™ – the world's 1st hydrogen powered train [Электронный ресурс] – 2021 – Режим доступа: <https://www.alstom.com/solutions/rolling-stock/coradia-ilinttm-worlds-1st-hydrogen-powered-train>. – Дата доступа: 19.04.2021
6. Van Hool: launch of the new A330 FC and Exqui [Электронный ресурс] – 2019 – Режим доступа: <https://www.sustainable-bus.com/news/van-hool-launch-new-a330-fc-and-exqui-fuel-cell-future/>. – Дата доступа: 30.04.2021