

# ВОДОРОД НА ТРАНСПОРТЕ



## Информационный Обзор

Часть 1

Санкт-Петербург, Москва

Февраль 2017

## Вступление

Существует мнение, что основой социально-экономического развития человечества в недалеком будущем станет водородная энергетика. Схема такой энергетики выглядит убедительно просто:

**вода + энергия = водород + кислород = энергия + вода.**

Даже слишком просто.

Кажется, что энергия берется ниоткуда и никуда не исчезает, и может работать замкнутый вечный цикл потребления и воспроизводства энергии, не наносящий ущерба природе и человеку.

Так это или не так, скажут ученые и философы. Задача настоящего Обзора – рассмотреть варианты применения водорода в энергетических системах транспортных средств.

В легендарном комедийно-фантастическом фильме Роберта Земекиса и Стивена Спилберга «Назад в Будущее» Доктор Браун и Марти Мак Флай путешествуют по времени на автомобиле ДеЛориан, работавшем на топливных элементах. Кстати, создатели фильма уже тогда показали автомобиль, которому сырьём для выработки топлива на борту были мусор возобновляемые источники энергии: бытовой мусор из уличного контейнера.



*Рисунок 1: Машина времени из кинофильма «Назад в будущее»*

Уже через несколько лет фантазия авторов,- не в части путешествий в прошлое или будущее, а в части автомобильной бортовой энергетической системы,- начала постепенно превращаться в реальность.

В ноябре 2014 года на автосалоне в Лос-Анджелесе корпорация Toyota представила первую серийную легковую машину на водородных топливных элементах Toyota Mirai. А ведь всего еще семь – восемь лет назад оппоненты водородных технологий для автомобилей твердили о нереальности этих замыслов.



*Рисунок 2: Toyota Mirai на водородных топливных элементах*

Сокращение выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами (ОГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) продолжает оставаться в перечне глобальных приоритетов.

Суть проблемы заключается в том, что мировой парк автомобилей продолжает расти. В основном эти машины сосредоточены в городах. Наиболее эффективно их двигатели работают при средних и номинальных нагрузках, т.е. в режиме загородной езды со скоростью выше 60 км/час. Фактически средняя скорость движения по городам составляет не более 20 км/час. КПД автомобильного двигателя в таких условиях не превышает 10 %, а остальные 90 % уходят на отопление и отравление улицы.<sup>1</sup>

Предлагаются различные пути решения задачи сокращения автомобильных выбросов: техническое совершенствование транспортных средств и их двигателей, производство все более чистых видов топлива из нефти,

---

<sup>1</sup> Бризицкий О.Ф. Водородная энергетика и транспорт. Рынок Электротехники, № 1, 2008 г. Портал <http://www.marketelectro.ru>

широкое внедрение альтернативных видов топлива и энергоносителей, экологические присадки, полный отказ от ископаемых видов моторного топлива.

Последнее предложение находит все больше сторонников. Так в Швеции уже установили срок полного перехода страны на возобновляемую энергетику: 2040 год. Более того, по сообщению агентства «Интерфакс» со ссылкой на шведскую газету «Афтонбладет» от 22.10.2016, Министр по делам окружающей среды Швеции Изабелла Левин<sup>2</sup> призвала рассмотреть возможность введения запрета на использование автомобилей с бензиновыми или дизельными двигателями ещё раньше: с 2030 года.

В Дании аналогичный запрет предлагают ввести с 2050 года.<sup>3</sup>

В Германии лоббируется запрет производства новых легковых автомобилей с ДВС с 2030 года.<sup>4</sup> В случае принятия этого закона немцы будут иметь право покупать только электромобили и водородные машины.

В этой ситуации возникает сложная социальная проблема: в автопроме Германии сократятся тысячи рабочих мест. Ведь для сборки электромобилей требуется всего 10 % нынешней рабочей силы.

Одной из альтернатив ископаемым видам топлива является водород. Современные технологии позволяют использовать его как для сжигания в двигателе, так и для получения электроэнергии с помощью топливных элементов.

Главным преимуществом водорода считается то, что его можно получать, не прибегая к ископаемым источникам. Современные технологические концепции предусматривают преобразование гидравлической, ветряной, солнечной или другой энергии в электрическую, которая затем используется для гидролиза воды и получения водорода. Синтетический водород можно также получать из биометана, вырабатываемого из возобновляемых источников.

Водород можно рассматривать как конкурента нефти. Однако, когда начнется закат эпохи нефти, точно сказать никто не может. По недавним прогнозам картеля ОПЕК в интерпретации газеты Financial Times, пик нефтедобычи может прийти на 2029 год на уровне 100,9 млн. баррелей в сутки (чуть более 5 млрд. т/год). После этого ожидается снижение уровня добычи, которое к 2040 году составит 94,4 млн. баррелей. Канадская ассоциация радиолюбителей (RAC) прогнозирует, что уровень добычи нефти в 100 млн. баррелей в сутки может быть достигнут уже в 2018 году.

---

<sup>2</sup> По состоянию на середину ноября 2016 года Изабелла Левин (Isabella Lövin) значится как Вице-премьер Правительства, Министр по развитию международного сотрудничества Швеции

<sup>3</sup> [http://www.gazpronin.ru/DbD\\_20160603-0609.pdf](http://www.gazpronin.ru/DbD_20160603-0609.pdf)

<sup>4</sup> <http://www.independent.co.uk/>

Увеличение доли электрической энергии на автомобильном транспорте может привести к тому, что к 2040 году треть новых автомобилей, продаваемых на планете, будут работать на электричестве. Всего же электромобили должны составить четверть мирового автопарка. Какая часть из них будет использовать аккумуляторы, а какая – топливные элементы, не уточняется.

Смещение в сторону электричества приведет к высвобождению 13 млн. баррелей нефти в сутки и общему сокращению потребления нефти на 14 %.<sup>5</sup>

Следует ли ожидать начало эры водородной энергетики уже в середине XXI века или раньше, покажет время. Пока же есть основания предполагать, что водород может составить нефти и природного газу гораздо более серьезную конкуренцию, чем биотопливо.

В данном обзоре рассмотрены различные аспекты использования водорода в качестве энергоносителя на транспортных средствах.

---

<sup>5</sup> <https://www.ft.com/>

## История

В 1807 году, более 200 лет назад, французский инженер Франсуа де Риваз построил самодвижущийся экипаж с двигателем, работавшем на смеси сжатого водорода с воздухом и воспламенением от электрической искры.

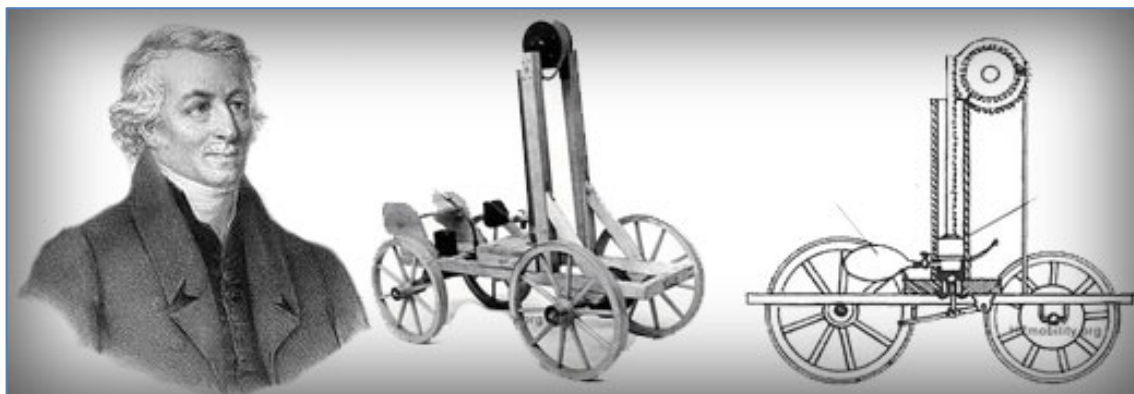


Рисунок 3: Франсуа де Риваз и его самоходная повозка<sup>6</sup>

В 1820 году Преподобный Уильям Сесил сделал доклад в Кембриджском философском обществе «О применении водородного газа для производства движущей силы в машинах». В предложенном им двигателе поршень в цилиндре приводился в движение расширяющимися газами взрыва водородо-воздушной смеси. После охлаждения в цилиндре должен образоваться вакуум, и поршень под воздействием атмосферного давления возвращало в исходное положение.<sup>7</sup>

Напомним, что Этьен Ленуар создал свой первый практически пригодный искровой газовый двигатель внутреннего сгорания мощностью 12 л. с. на светильном газе - предтече природного газа в нынешнем понимании - только через 50 лет.

К теме водорода обращались не только ученые и инженеры. О водородной энергетике писал великий Жюль Верн в своей книге «Таинственный остров», увидевшей свет в 1874 году. Главный герой книги инженер Сайрус Смит называет воду «углём будущего». И вот как он это объясняет:

**«Я думаю, что воду когда-нибудь будут употреблять как топливо, что водород и кислород, которые входят в ее состав, будут использованы вместе или поодиночке и явятся неисчерпаемым источником света и тепла, значительно более интенсивным, чем уголь. Придет день, когда котлы паровозов, пароходов и тендеры локомотивов будут вместо угля**

<sup>6</sup> <http://auto.vercity.ru/magazine/>

<sup>7</sup> Hydrogen Use in Internal Combustion Engines. College of the Desert, California, USA. December 2001. Pp. 3-1.

**нагружены сжатыми газами, и они станут гореть в топках с огромной энергией.»**

В XX веке жидкий водород стал широко применяться в ракетной технике. Американцы применяли его для полетов Аполлона на Луну, Викинга на Марс, Вояджера на Сатурн, станции Скайлэб.

В США, Германии, Японии, Китае не прекращаются НИОКР по созданию водородной автомобильной техники.



*Рисунок 4: Экспериментальные автобусы на компримированном водороде в Китае (слева) и США*



*Рисунок 5: Экспериментальные гибридные автомобили Honda (слева) и Opel на водородных топливных элементах*

**В нашей стране** прикладные исследования в области применения водорода в качестве добавок к моторному топливу начались ещё в 1930-е годы. А практическое применение началось в 1941 году во время Великой Отечественной Войны.

В Великую Отечественную войну в блокадном Ленинграде техник-лейтенант Б.И. Шелищ предложил использовать водород, "отработавший" в аэростатах для питания двигателя-привода лебедки для подъема и опускания аэростатов



*Рисунок 6: Водородозарядный пункт*

Оборудование было установлено на автомобиле ГАЗ-АА. Таких машин для работы на водороде в Ленинграде было переоборудовано несколько сотен.<sup>8</sup>



*Рисунок 7: Плакат "Водородный лейтенант", З.х. России А.А. Резаев*

С различной степенью интенсивности и при различной государственной поддержке российские ученые и инженеры ведут работу над транспортными средствами, использующими водород в том или ином виде. В разные годы были созданы, прошли полный комплекс лабораторно-дорожных испытаний и опытную эксплуатацию микроавтобусы РАФ и ГАЗЕЛЬ, легковой автомобиль Волга, Грузовик Бычок.

Отдельно нужно упомянуть летающую лабораторию ТУ-155, сначала летавшую на сжиженном водороде, а потом на сжиженном метане. Это были

<sup>8</sup> Раменский А.Ю. Применение водорода в качестве топлива для автомобилей. ИТЦ ВТ, 2006-2009; <http://h2center.ru>.



водородные, бензо-водородные, метано-водородные машины. ЗИЛ-5301 работал на водородных топливных элементах.



*Рисунок 8: Бензоводородный РАФ-22034, самолет ТУ-155*

В начале восьмидесятых годов в СССР начались работы над первым в стране автомобилем на водородных топливных элементах. Премьера машины состоялась на международной выставке "Электро-82" в 1982 г. в Москве. Микроавтобус РАФ, на борту которого в НПП «Квант» были смонтированы электрохимические генераторы и был установлен электрический привод, имел неплохие ездовые качества. В второй половине 1980-х годов тема автомобильных топливных элементов, над которой предприятие работало 25 лет, была свернута.



*Рисунок 9: Первый советский автомобиль на водородных топливных элементах*

К сожалению, ничего из отечественных разработок в автомобильной водородной области востребовано не было и пока не внедрено на российском транспорте.