

Министерство транспорта и коммуникаций РБ  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Факультет «Электротехнический»  
Кафедра «Информационно-управляющие системы и технологии»

**Проектная работа**  
к конкурсу «Транспорт будущего»  
на тему: «Транспорт на водородном топливе»

Выполнили  
студенты группы ЭТ-12  
Король А.М.  
Бухалавцов А.С.

Научный руководитель  
ст. преподаватель  
Захаров Д. В.

Гомель, 2020

---

## *Водородное топливо набирает популярность*

---

Водород получается из воды методом электролиза. Для электролиза, возможно, применить сверхизбыточное электричество, которое получают из солнечных или же ветровых электростанций.

В итоге выходит экологически чистое горючее, которое получается из воды с поддержкой, использованного электричества. Оно не приводит к выбросу парниковых газов и не оставляет "углеродного следа". А означает, что не содержит воздействия на климат и не загрязняет находящуюся вокруг среду.

К примеру, авто на водородных топливных батареях не выбрасывают вредоносных выбросов  $CO_2$  в атмосферу. А взамен угарного газа из выхлопной трубы выходит водяной пар, который преобразуется в воду.

Благодаря экологичности водородное горючее выглядит более безопасным для окружающей среды. Больше того, водород, несомненно, поможет поменять не лишь только горючее для автотранспорта, но и естественный газ в отоплении, и уголь в металлургии.

Как раз вследствие этого водород называют горючим будущего. А почти все государства вводят планы по применению водорода взамен угля в производстве, по выборочному замещению водородом природного газа в отоплении квартир и переводу автотранспорта на экологическое горючее.

Внедрение водорода в качестве энергоэлемента поможет, как значительно уменьшить потребление углеводорода и продвинуться в проблеме загрязнения атмосферы населенных пунктов вредоносными элементами для человека.

В 2009 году приблизительно 25 % выбросов углекислого газа в атмосферу Земли производилось в итоге работы различного автотранспорта. По оценке

МЭА, уже к 2050 году это количество увеличится в два раза и продолжит расти по мере того, как в развивающихся государствах станет возрастать численность собственных автомашин. Кроме углекислого газа в атмосферу выбрасываются оксиды азота, увеличивающие риск для заболеваемости астмой.

В морском транспорте нередко применяются низкокачественные дешёвые виды горючего. Морской транспорт выбрасывает оксиды серы в 700 раз больше, чем автомобильный транспорт. По сведениям International Maritime Organization выбросы  $CO_2$  морским торговым флотом достигло до 1,12 миллиардов тонн в год.

Иной предпосылкой увеличения внимания к водородному автотранспорту считается подъем тарифов на энергоэлементы (в реальное время, их основная масса — уголь, нефть и их производные), недостаток горючего.



---

## *Как же используют водородное топливо?*

---

### **Водородные поезда в Нидерландах**

В этом году в Нидерландах закончили проверку французской "водородной электрички" Alstom Coradia iLint, которая работает на водородном топливе.

Поезда на водородном топливе заменят собой составы на дизеле, мазуте и иных "нечистых" видов горючего.

Разработка Alstom Coradia iLint сделана для поездов, которые не были или же не имеют все шансы быть электрифицированы.

Поезда в Германии, поезда в Нидерландах могут проехать в пределах 800 км на одной заправке. Дозаправка занимает меньше времени, чем заправка дизелем и занимает 10-15 мин. Скорость поезда – 140 км в час.

- Водородные двигатели бесшумны. При большом потоке автомобилей в больших городах очень шумно, а благодаря бесшумности водородного двигателя, можно избавиться от данной проблемы.
- Простая конструкция. Отсутствие дорогостоящих систем топливоподачи. Это способствует недорогой стоимости данного вида транспортного средства.
- КПД электродвигателя на водородном топливе намного выше, чем у ДВС.

## Водородные автобусы Лондона

В этом году в Англии начнут действовать 34 автобуса H<sub>2</sub>. City Gold на водородных двигателях. Это разработка португальской фирмы CaetanoBus.

Запаса водорода достаточно на 400 км, а на заправку потребуется в пределах 9 мин. Топливные составляющие поставлены на крыше.



## Японские легковые автомобили Toyota Mirai

Тойота Mirai – это гибридный автомобиль с водородным двигателем от японской компании.

Авто не выбрасывает  $CO_2$  в атмосферу, а взамен выхлопных газов из трубы выходит водяной пар. Под

днищем авто находится аккумулятор и 2 баллона, в которые закачивается водород. Большие воздухо-поглотители подают воздух в топливные составляющие и освежают их. В них же получается водород. При соединении водорода с кислородом появляется электрический ток.

С 2-мя полными баками водорода, возможно, проехать 650 км. Для полной заправки потребуется 3 минуты.

Предельная скорость 175 км/ч. Разбег от 0 до 100 км/час вероятен за 9 секунд. Авто обустроено системой самодействующего отключения выходного клапана резервуара с водородом, дабы водород не попал в механизмы за пределами баллона.

Все остальное, связанное с водородом, находятся за пределами кабины, дабы ликвидировать риск возгорания в салоне. Для авто сделали оригинальный каркас, который распределяет ударную мощь вокруг салона и топливных составляющих, в случае трагедии.



---

## Минусы водородного топлива

---

Смесь водорода с воздухом взрывоопасна. Водород более небезопасен, чем бензин. Бензин не возгорается при лямбде от 0,5 и больше 2, в отличие от водорода. Но водород, лежащий в баках при высоком давлении, в случае пробоя бака довольно легко улетучивается. Для автотранспорта разрабатываются особые безвредные системы сбережения водорода — баки с мульти слойными стенами, из особых материалов и т. д. (К примеру, бак из нано трубок, заполненных водородом.). Это в целом увеличивает стоимость перевозки водородного топлива транспортным способом.

Водородный аппарат на основе обычного ДВС труднее и дороже в обслуживании, чем обыденный ДВС (особенно дизельный). По сведениям Массачусетского технологического ВУЗа, использование транспорта на водородных технологиях обходится в 100 раз дороже, чем на бензиновых. Пока же нет необходимого навыка эксплуатации водородного транспорта. Нет способности быстрой дозаправки в пути из канистры или же от иной автомашины.

Для заправки водородом потребуются построить сеть заправочных станций. Для заправочных станций, заправляющих авто водянистым водородом, цена оснащения повыше, чем для заправочных станций, заправляющих авто бензином, этанолом и дизельным топливом. Согласно GM, строительство 12 тыс. водородных заправочных станций в 2005 году оценивалось в \$12 миллиардов, то есть \$1 млн. на 1 заправочную станцию, в то время как набор оснащения для бензиновых заправочных станций стоит в среднем \$100-200 тыс. Стоимость 8 евро за литр.



---

## *Можно было ли бы применить водород в Беларуси?*

---

В Беларуси предостаточно сырья для изготовления водорода — вода. Электролиз воды — более экологичный вариант изготовления водорода.

Другой известный метод — паровая конверсия: добыча водорода из углеводородов (именно этим образом изготавливают водород, к примеру, на «Нафтане»). Впрочем, в процессе паровой конверсии наблюдается большое выделение углекислого газа. Вследствие этого данный метод, безусловно, не подходит к идее «чистой» водородной экономики.

Раньше создание водорода методом электролиза воды являлось слишком дорогостоящим. Впрочем, с одной стороны, технологии не стоят на месте, а с другой — становление ВИЭ практически направляет человечество в «эру водорода».

У нас нет возможности накопления большого количества электроэнергии. На данный момент человечество не изобрело аккумулятора столь большого объёма. Если адресовать ее на создание водорода, то себестоимость «газа будущего» будет малой.

Белорусская АЭС делает профицит электричества. Тем более с учетом того, что соседние государства не имеют большого желания покупать белорусскую электроэнергию. И для этого мы предлагаем применить избытки электроэнергии на создание водорода.

В часы «затишья», когда внедрение электричества решительно падает до минимального количества, электрическая станция станет трудиться буквально вхолостую: реактор не лампочка, выключить «на ночь» не выйдет. Первым источником будет ядерное топливо, о других разработках речи не идет. Было бы возможно применить всё более эффективно...



---

## *Заключение*

---

Наша нынешняя энергетика – углеводородная. Сотни млн. лет эволюция планеты накапливала топливные реагенты в Земной коре. Впрочем, темпы сжигания запасов нефти и газа всего за 50-100 лет – приведёт к гибели человечества – не просто расценивать ситуацию в будущем, стоит задуматься.

Основной потребитель нефти и ведущий загрязнитель воздуха – двигатели внутреннего сгорания (ДВС), численность которых сейчас приближается к 1 миллиарду. Нефтяное горючее содержит 85-87% углерода. Затраты энергии на добычу и переработку нефти в XXI веке станут лишь только возрастать, запасы ископаемого сырья – уменьшаться, а вред от нефтяной «зависимости» уже сейчас близок к «точке невозврата». Нет такой силы, способной задержать обычный ход вещей...

Несмотря на незначительные минусы, водородное топливо очень привлекательно для нашей планеты. Данный вид топлива поможет сохранить экологию, экономить бюджет страны. Способы получения дешёвого водорода сегодня известны и достаточно разнообразны. Однако хранить и транспортировать самый летучий и легчайший элемент крайне небезопасно и нетехнологично – ни в сжатом, ни в жидком виде.

В крупных городах взрывы «гремучего газа» станут неминуемы. Многообещающие водородные двигатели почти по всем показателям уступают прогрессивным ДВС.

Другие водород носители АВТ, содержат «встроенный» окислитель и добавку воды. Это быстро улучшает полноту сгорания в критериях ДВС, понижая теплонапряжённость, термические издержки. Для окислитель содержащих АВТ пределы форсирования цикла недоступны в том числе и для

самых «надутых» нефтяных моторов. Наличие встроенного окислителя выражается в приобретении горючим веществом качеств "топлива-пороха".

