

Региональная конференция
по научно-техническому творчеству школьников
«Лабиринты науки»

Секция Техника
Исследовательская работа
Водородомобиль

Мартынов Дмитрий, ученик 9 «В» класса
МБОУ Некрасовской СОШ п. Некрасовское
Руководитель: Глазкова Светлана Борисовна,
учитель физики МБОУ Некрасовской СОШ
Ярославской области

Г. Ярославль, 2022

Оглавление

1. Введение	2
2. Общие сведения о водороде	3
3. Способы получения водорода	4
3.1 Метод паровой конверсии природного газа	4
3.2 Метод электролиза воды	4
3.3 Получение водорода из твердых горючих ископаемых	5
3.4 Получение водорода из биомассы	5
3.5 Химическая реакция воды с металлами	5
3.6 Домашние системы производства водорода	5
4. Хранение водорода	6
5. Применение водорода	6
6. Практическая часть	8
7. Заключение	10
8. Выводы	10
9. Список литературы и источников информации	11
10. Приложения	11

1. Введение

Сегодня мы все чаще слышим о надвигающемся на человечество кризисе энергетических и минеральных ресурсов. Человечеству нужна энергия, причем потребности в ней увеличиваются с каждым годом. На фоне катастрофического ухудшения экологического состояния планеты и истощения ресурсов углеводородного сырья, заманчиво использовать водород как абсолютно безвредное топливо для средств транспорта. Его применение позволит значительно снизить выбросы углекислого газа в атмосферу. Для реализации этого высокотехнологичного направления Россия имеет сырьевые ресурсы (вода, природный газ, углероды, ядерное топливо) и уникальную базу знаний, накопленных в процессе исследований и разработок атомно-водородной

энергетики. Развитие технологий водородной энергетики соответствует заданиям Указа Президента 7 мая 2018 года. (2)

Цель: выявление условий получения водорода разными методами и на модели генератора водорода собрать водородомобиль.

Задачи:

1. Сравнить технологии производства водорода, их основные преимущества и недостатки.
2. Изучить процесс получения водорода методом электролиза водных растворов электролитов.
3. Получить водород, используя набор для управления энергией HorizonEnergyBox и использовать его в качестве топлива для работы автомобиля.

Методы исследования: наблюдение, сравнение, измерение, обобщение, анализ.

2. Общие сведения о водороде

Водород (лат. Hydrogenium, от греч. hedor – вода и gennaο – рождаю) первый самый легкий химический элемент периодической системы Менделеева, атомная масса 1,0794. Водород был открыт в первой половине 16 века Парацельсом. Кавендиш впервые исследовал его свойства. Лавуазье показал, что водород входит в состав воды.

Водород обычно существует в комбинации с другими элементами, например, кислорода в воде, углерода в метане и органических соединениях. Он входит в состав всех растительных и животных организмов, нефти, ископаемых углей, природного газа, воды, ряда минералов и пород. В свободном состоянии встречается очень редко. Водород – самый распространенный элемент во Вселенной; в виде плазмы он составляет половину массы Солнца и большинства звезд, основная часть газа межзвездной среды и газовых туманностей. [1]

При его сгорании высвобождается большое количество энергии и образуется вода без выделения каких-либо вредных газов.

Первый водородный топливный элемент был сконструирован английским ученым Уильямом Гроувом в 30-х годах XIX века. Гроув пытался осадить медь из водного раствора сульфата меди на железную поверхность и заметил, что под

действием электрического тока вода распадается на водород и кислород.

3. Способы получения водорода

3.1 Метод паровой конверсии природного газа. Более 50% всего водорода получается путём паровой конверсии воды и метана. При этом три основных составляющих (природный газ, водяной пар и кислород) смешиваются в определённых пропорциях. $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$

Часть природного газа сгорает вместе с кислородом, тем самым поддерживая необходимую температуру для продолжения химической реакции. Метан, не выгоревший во время реакции конверсии, реагирует с водяным паром, образуя оксид углерода и водород. Метан соединяют с водяным паром при давлении 2 МПа и температуре около 800 градусов, в результате чего получается конвертированный газ с содержанием водорода 55-75%. Простота и относительная лёгкость делает производство водорода путём паровой конверсии наиболее дешёвым из всех доступных. [3]

3.2 Метод электролиза воды. Электролитический водород является наиболее доступным, но дорогим продуктом. Для получения водорода электролизом воды используют дистиллированную или обессоленную природную воду, что позволяет избежать накопления в электролите различных примесей. Для увеличения удельной электропроводимости воды при электролизе применяют водные растворы электролитов — кислот, щелочей, солей.



При прохождении постоянного электрического тока через обрабатываемую воду происходит серия электрохимических реакций, в результате которых образуется водород. Для получения одного кубометра водорода требуется 4–5 киловатт-часов электроэнергии, что довольно дорого. При электролизе большая часть электроэнергии теряется в виде выделения тепла при протекании тока через электролит. [2]

Существует промышленная технология электролиза химически чистой воды, без применения каких-либо добавок. $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ Устройство представляет собой обратимый топливный элемент с

мембраной. Для такого способа производства требуются значительные запасы воды. Тем не менее он совсем не требователен к её качеству – для электролиза можно использовать промышленную, дождевую или даже сточную воду. [4] В промышленных и опытно-промышленных установках реализован КПД электролизера – 70...80 %. [6]

3.3 Получение водорода из твердых горючих ископаемых. Старейший способ получения водорода из каменного угля путём процесса газификации угля. Процесс состоит в нагреве угля с водяным паром до высоких температур. $C + H_2O \rightarrow CO + H_2 - 118,9 \text{ кДж}$; $2C + O_2 \rightarrow 2CO + 230 \text{ кДж}$. В результате образуется водяной газ, содержащий до 40 % CO и 50 % H₂, а также CO₂, CH₄, N₂ и примеси сернистых соединений. После очистки от последних получают водород. Себестоимость процесса \$2-\$2,5 за килограмм водорода.

3.4 Получение водорода из биомассы. Биомассой могут служить отходы множества современных производств: отходы лесозаготовок, отходы переработки древесины и производства бумаги, отходы переработки зерновых продуктов, отходы рыбных, соко-и мясокомбинатов. Водород из биомассы получается термохимическим, или биохимическим способом. При термохимическом методе биомассу нагревают без доступа кислорода до температуры 500°-800°. В результате процесса выделяется H₂, CO и CH₄. [3]

3.5 Химическая реакция воды с металлами

В 2007 году Университет Purdue (США) разработал метод производства водорода из воды при помощи алюминиевого сплава. Сплав алюминия с галлием формируется в пеллеты. Пеллеты помещают в бак с водой. В результате химической реакции производится водород. Галлий препятствует образованию оксидной пленки на поверхности алюминия, тормозящую процесс окисления алюминия. В результате реакции создаётся водород и оксид алюминия. [4]

3.6 Домашние системы производства водорода

Вместо строительства водородных заправочных станций водород можно производить в бытовых установках из природного газа, или электролизом воды.

Honda испытывает свою бытовую установку под названием Домашняя энергетическая станция Honda. Установка в бытовых условиях производит водород из природного газа. Часть водорода используется в топливных элементах для производства тепловой и электрической энергии для дома. Оставшаяся часть водорода используется для заправки автомобиля.

Британская компания ITM Power Plc разработала и испытала в 2007 г. бытовой электролизёр для производства водорода. Водород производится ночью, что позволит сгладить пики потребления электроэнергии. Произведённого водорода достаточно для 40 км пробега биотопливного (водород/бензин) Ford Focus. [4]

Разнообразие способов получения водорода является одним из главных преимуществ водородной энергетики, так как повышает энергетическую безопасность и снижает зависимость от отдельных видов сырья.

4. Хранение водорода

Смесь водорода с воздухом является опасным взрывчатым веществом, легко воспламеняется и горит. Поэтому возникает проблема в хранении и транспортировке водорода.

1. Газообразное хранение водорода.
2. Жидкое хранение водорода
3. Криогенная адсорбция хранения водорода
4. Хранение водорода в гидридах металлов, сплавов, интерметаллических соединений, композитов
5. Хранение водорода на основе углеродных наноструктур (нанотрубки, фуллерены)

На сегодня наиболее востребованные способы хранения водорода – это дешёвый метод хранения газообразного водорода под давлением и более энергоёмкий, но дорогой – хранение водорода в жидком виде. Все остальные способы либо экономически неоправданны, либо не до конца проработаны. [3]

5. Применение водорода

- Химическая промышленность - 50 % мирового выпуска водорода идёт на производство аммиака, 8 % используется для производства метанола.

- В нефтепереработке водород используется в процессах гидрокрекинга и гидроочистки, способствуя увеличению глубины переработки сырой нефти и повышению качества конечных продуктов. Для этих целей используется порядка 37 % всего производимого в мире водорода.
- Пищевая и косметическая промышленность: при производстве саломаса (твёрдый жир, производимый из растительных масел). Саломас является основой для производства маргарина, косметических средств, мыла. Водород зарегистрирован в качестве пищевой добавки под номером E949.
- Транспорт: водород используется в качестве топлива для серийно выпускаемых автомобилей на Водородных топливных элементах: Toyota Mirai, Hyundai Nexo. Американская компания Nikola представила линейку коммерческих автомобилей на водороде, а также пикап Nikola Badger с запасом хода 960 км. Компания Alstom в 2018 году запустила в Германии первый коммерческий поезд на топливных элементах Coradia iLint, способный проходить 1000 км на одном резервуаре с водородом.
- Топливо: водород используют в качестве ракетного топлива. В водородно-кислородных топливных элементах используется водород для непосредственного преобразования энергии химической реакции в электрическую.
- Электроэнергетика: водород применяется для охлаждения мощных электрических генераторов.

С точки зрения «зеленой» энергетики у водородных топливных элементов крайне высокий КПД — 60%. Для сравнения: КПД лучших двигателей внутреннего сгорания составляет 35-40%. Для солнечных электростанций коэффициент составляет всего 15-20%, но сильно зависит от погодных условий. Из-за высокого КПД водородная энергетика является наиболее привлекательным источником энергии, но все же существует ряд проблем, мешающих ее массовому применению. [8]

Проблемы использования водорода: высокая стоимость низкоуглеродного водорода, недостаточная готовность технологий для его широкого применения, включая обеспечение безопасности всей производственной цепочки, дефицит

необходимой инфраструктуры для хранения и транспортировки водорода, а также ряд пробелов в нормативной правовой базе. [7]

6. Практическая часть

В исследованиях использовался набор для управления энергией HorizonEnergyBox. Дистиллированная вода, секундомер, мультиметр.

6.1 Накопление водорода с помощью электролиза воды для последующего энергоснабжения автомобиля.

Цель: Собрать автомобиль, работающий на водороде.

Порядок выполнения работы:

1. Надеть силиконовую трубку длиной 5 см на кончик шприца.
2. Набрал в шприц некоторое количество дистиллированной воды и заполнил ею топливный элемент через патрубок, расположенный ближе всего от красного разъема на стороне кислорода. Как только вода попала в топливный элемент, отсоединил шприц от трубки.
3. Присоединил другую трубку длиной 5 см к противоположному патрубку (ближайший к черному разъему) и установил красный и черный ниппели на каждый из свободных концов трубки.
4. Установил резервуары для воды в круглые гнезда на раме автомобиля. В них поместил внутренние газовые резервуары.
5. Заполнил контейнеры 40 мл дистиллированной водой, нагретой до 25 °С от комнатной температуры 20 °С.
6. Установил реверсивный топливный элемент на раме автомобиля, чтобы красный разъем располагался на стороне резервуара O₂.
7. Присоединил две трубки длиной 20 см к верхним патрубкам внутренних резервуаров, затем противоположные концы трубок к нижним патрубкам, расположенным в нижней части топливного элемента на сторонах H₂ и O₂.
8. Присоединил блок батарей к топливному элементу и включил блок. Внутренний газовый резервуар постепенно наполнится газом. Появление пузырьков из внутреннего резервуара означает, что внутренний газовый

резервуар полностью наполнен газом. Когда это произошло отключил блок батарей и отсоединил его.

9. Подключил провода двигателя, выходящие из-под днища автомобиля, к ближайшему красному и черному разъемам.

Двумя оставшимися проводами подключил топливный элемент к раме автомобиля, соблюдая полярность. Автомобиль начал двигаться. [5]

10. Провел опыт 1. Измерил время, затраченное автомобилем на преодоление дистанции 3 м, температура воды 25 °С. Вычислил скорость движения автомобиля по формуле: $U = S : t$. Полное время движения автомобиля до полной остановки 12 мин.

11. Провел опыт 2. Нагрел воду от температуры 20 °С до 50 °С. Полное время движения автомобиля до полной остановки 14 мин.

12. Провел опыт 3. Нагрел воду от температуры 20 °С до 25 °С. Изменил количество дистиллированной воды, заполняющего топливный элемент, уменьшив объем жидкости, $\frac{3}{4}$. Время движения до полной остановки 6 мин. Вычислил мощность по формуле: $P = I \cdot U$, количество выделенной энергии на топливном элементе по формуле: $Q = P \cdot t$. Результаты занес в таблицу 1.

Таблица 1

№	Температура, °С	Объем резерв.	Время на S=3м, с	Скорость, м/с	Сила тока, А	Напряжение, В	Мощность, Вт	Количество энергии, Дж
1	25	полный	9,47	0,317	0,7	0,9	0,63	453,6
2	50	полный	9,13	0,33	0,83	0,95	0,79	662,34
3	25	$\frac{3}{4}$ объема	10,76	0,28	0,72	0,85	0,612	220,32

Вывод: Скорость движения автомобиля зависит от температуры топлива прямо пропорционально, от объема заполнения топливного элемента – прямо пропорционально. Количество произведенной энергии самое наибольшее при полном баке топлива и с его наибольшей температурой. (Приложение 3)

6.2 Вычисление КПД для водородомобиля

Полезную работу вычислил по формуле: $A_{\text{п}} = I \cdot U \cdot t$

Затраченная работа: $A_{\text{з}} = Cm\Delta t$. КПД вычислил по формуле: $\text{КПД} = A_{\text{п}} : A_{\text{з}} \cdot 100\%$

Удельная теплоемкость дистиллированной воды: $4186 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ \text{C}$

№	Температура, С	Объем резервуара	Полезная работа, Дж	Затраченная работа, Дж	КПД
1	25	полный	453,6	837,2	54 %
2	50	полный	662,34	5023,2	13 %
3	25	¾ объема	220,32	627,9	35 %

Вывод: КПД автомобиля получился разным, самое эффективное значение 54% при полном баке и температурой 25°C .

7. Заключение

Правительства многих стран признают перспективность применения водорода в качестве альтернативного источника энергии. [8] Из-за высокого КПД водородная энергетика является наиболее привлекательным источником энергии. Водород не встречается на Земле в чистом виде, его нужно получать, но все существующие сейчас способы либо очень затратны, либо малоэффективны.

В 1979-м появился первый автомобиль BMW с водородным двигателем. Первой серийной моделью автомобиля с водородным двигателем стала Toyota Mirai, выпущенная в 2014 году. Сегодня такие модели есть в линейках многих крупных автопроизводителей: Honda, Hyundai, Audi, BMW, Ford и других.

Проведя опыты с набором для управления энергией HorizonEnergyBox убедился в возможности получения водорода способом электролиза воды. Эффективность работы топливного элемента и образование водорода зависит от объема наполнения жидкостью, температуры жидкости, которой его наполняют, размеров ТЭ.

8. Выводы:

1. Самым эффективным с точки зрения объёма полученного водорода на единицу затраченной энергии считается метод паровой конверсии природного

газа. Более удобный и простой метод — электролиз воды, но требует больших энергетических затрат.

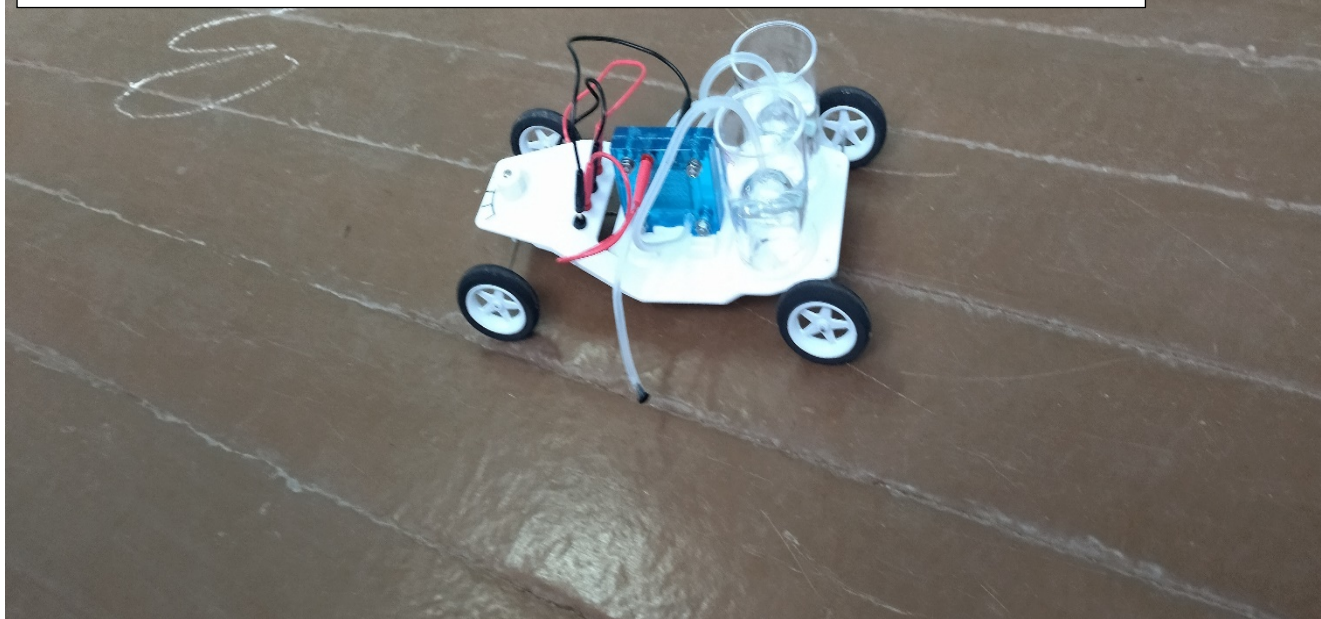
2. При электролизе воды, при прохождении через нее постоянного электрического тока происходит серия электрохимических реакций, в результате которых образуется водород.
$$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- ; 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2$$
3. Получил водород методом электролиза воды, преобразовал полученный водород в электроэнергию, и использовал его в качестве топлива для автомобиля.

9. Литература

1. Долгополов С.Ю., Ломов И.В., Шаманин И.В. Введение в ядерно-водородную энергетику Издательство г. Томск, 2011 г.
2. Пономарев-Степной Николай Николаевич академик РАН, научный консультант генерального директора АО «Концерн Росэнергоатом» Москва, 25 октября 2018 года. Перспективы атомно-водородной энергетики
3. Радченко Р.В., Мокрушин А.С. Водород в энергетике : учеб. пособие / — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014.
4. Общественно-деловой научный журнал Энергетическая политика, 2020 г.
5. Методическое пособие для набора управления энергией HorizonEnergyBox.
6. <https://biznesprost.com/otkryt-biznes/proizvodstvo-vodoroda.html> Способы получения водорода 02.11.21 (21.00)
7. https://ru.wikipedia.org/wiki/Производство_водорода 03.11.2021 (18.00)
8. <https://zen.yandex.ru/media/dbk/sovremennye-problemy-hraneniia-vodoroda> 03.11.2021 (20.00)

10. Приложения

Приложение 1 Автомобиль, работающий на водородном топливе



Приложение 2 Работа светодиодного модуля за счет энергии полученной на топливном элементе

