

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии имени А.Буркитбаева

УДК 629.423

На правах рукописи

Абай Турар

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации: Использование генератора водорода в двигателях
внутреннего сгорания для снижения расхода бензина и уменьшения вредных
выбросов в окружающую среду

Направление подготовки 6М071300 – Транспорт, транспортная
техника и технологии

Научный руководитель,
д-р техн. наук, проф.

К.К.Шалбаев

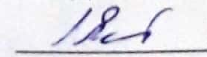


2019 г.

Оппонент

Канд. техн. наук, доцент

М.Н.Есенгалиев

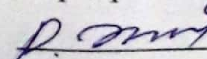


31 05 2019 г.

Нормоконтролер,

Канд. техн. наук, доцент
кафедры «ТТ»

Р.А. Козбагаров

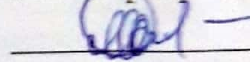


31 05 2019 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой «ТТ»

С.А.Машеков



03 06 2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

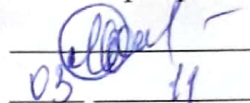
Институт промышленной инженерии имени А.Буркитбаева

Кафедра «Транспортная техника»

6M071300 – Транспорт, транспортная техника и технологии

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «ТТ»

 С.А.Машеков
05.11.2017 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Абай Турар

Тема: Использование генератора водорода в двигателях внутреннего сгорания для снижения расхода бензина и уменьшения вредных выбросов в окружающую среду

Утверждена приказом по университету № 1596-м от «30» октября 2017 года.

Срок сдачи законченной диссертации 29.05.2019 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: Проведение натурных испытаний по исследованию влияния ННО-газа на выброс и производительность двигателя автомобиля Daewoo Matiz, 2007 года выпуска, объем 0,8 л.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание диссертации:

а) Введение

б) Использование водорода в двигателях внутреннего сгорания

в) Установка гидравлических и механических компонентов

г) Электрическая обвязка водородного генератора

д) Экспериментальные результаты и анализ

е) Выводы и рекомендации

ё) Список использованной литературы

Перечень графического материала : Презентация диссертации на слайдах 12

Рекомендуемая литература

- 1 Брагинский О.Б. (2015). Альтернативные моторные топлива: мировые тенденции и выбор для России. *Российская химия*. — №6. — С. 137—147.
- 2 McQueeney, R. (2017.12.27). How much oil is left in the earth. Retrieved from <https://www.zacks.com/stock/news/287141/how-much-oil-is-left-in-the-earth>
- 3 Why car manufacturers favor electric car over hydrogen. (2017.06.22) Retrieved from https://www.huffingtonpost.com/entry/why-car-manufacturers-favor-electric-over-hydrogen_us_59496435e4b07e2395ce0ff1
- 4 Çoban, B. (2016.05.09). Hydrogen-fueled vehicles may not be available in 2027. Retrieved from <https://www.otopark.com/2016/05/2027de-hidrojen-yakitli-arac-kalmayabilir/>
- 5 Alfredas R, Mindaugas M, & Saugirdas P. (2017). Research of different amount HHO gas influence on the efficiency of compression ignition engine, operating on diesel fuel. *Mobile Machines International Scientific Conference*, September 20-22, 2017. Kaunas, Lithuania.
- 6 Mohamed, E., Yehia, E., Mohamed, E.K., & Kareem, I. K. (2015). Effect of hydroxy (HHO) gas addition on gasoline engine performance and emissions. *AEJ - Alexandria Engineering Journal* 55(1).
- 7 Kishore, K., Zeeshan, A., & Javed, R.I. (2016). Compatibility Issues of HHO Cell With Internal Combustion Engine. 4th International Conference on Energy, Environment and Sustainable Development, November 01-03, 2016. Mehran University of Engineering and Technology, Jamshoro, Pakistan. Available from: eesd.muett.edu.pk
- 8 Sudarmanta, B., Darsopuspito, S., & Sungkono, D. (2014). Influence of Bioethanol–Gasoline Blended Fuel on Performance and Emissions Characteristics from Port Injection Sinjai Engine 650 cc. *Journal of Applied Mechanics and Materials* Vol. 493, pp 273-280.
- 9 Shuofeng, W., Changwei, J., Bo, Z., & Xiaolong, L. (2012). Performance of a hydroxygen-blended gasoline engine at different hydrogen volume fractions in the hydroxygen. *International Journal of Hydrogen Energy* 37(17):13209-13218.
- 10 Changwei, J., & Shuofeng, W. (2009). Effect of hydrogen addition on combustion and emissions performance of a spark ignition gasoline engine at lean conditions. *International Journal of Hydrogen Energy* 34 (18).
- 11 Changwei, J., Shuofeng, W., & Bo, W. (2010). Effect of spark timing on the performance of a hybrid hydrogen–gasoline engine at lean conditions. *International Journal of Hydrogen Energy* 35(5) : 2203–2212.
- 12 Changwei, J., & Shuofeng, W. (2010). Experimental study on combustion and emissions performance of a hybrid hydrogen–gasoline engine at lean burn limits. *International Journal of Hydrogen Energy* 35(3):1453-1462.
- 13 Fadul, I.M, (2006). Using HHO Gas to Reduce Fuel Consumption and Emissions in Internal Combustion Engines (Master’s thesis). Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/71676312.pdf>
- 14 Шалбаев К.К., Торгаев Р.А., Козбагаров Р.А., Чэнь Ц.(2018). Снижения расхода дизельного топлива и выбросов вредных веществ в

двигателях внутреннего сгорания с применением генератора. Retrieved from <https://cloud.mail.ru/stock/gYW5APaRPDDcEPnmHNonkKp3>

15 Макаров Д., (2017). Как сделать водородный генератор своими руками. Retrieved from <https://www.asutpp.ru/opisanie-i-princip-raboty-vodorodnogo-generatora.html>.

16 Шалбаев К.К., Торгаев Р.А., Козбагаров Р.А., Чэнь Ц., (2018). Снижения расхода дизельного топлива и выбросов вредных веществ в двигателях внутреннего сгорания с применением генератора. Труды международной научно-практической конференции. ISBN 978-601-212-067-7.

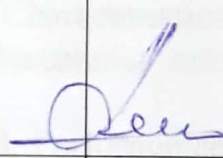
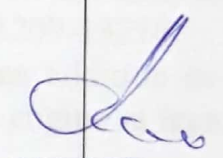
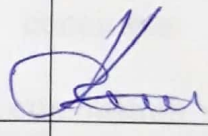
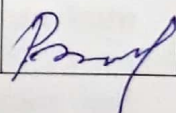
ГРАФИК

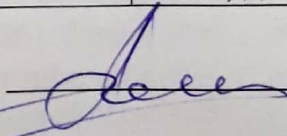
подготовки магистерской диссертации

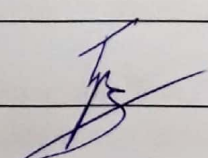
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Сбор информации об использовании водорода в двигателях внутреннего сгорания	20.03.2019г.	
Установка гидравлических и механических компонентов ННО генератор на машине Daewoo Matiz (объем 0.8 л, 2007)	26.04.2019г.	
Проведение эксперимент на машине Daewoo Matiz (объем 0.8 л, 2007) и получения результат	28.05.2019г.	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименование Разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Сбор информации об использовании водорода в двигателях внутреннего сгорания	К.К.Шалбаев, д.т.н., профессор		
Установка гидравлических и механических компонентов ННО генератор на машине Daewoo Matiz (объем 0.8 л, 2007)	К.К.Шалбаев, д.т.н., профессор		
Проведение эксперимент на машине Daewoo Matiz (объем 0.8 л, 2007) и получения результат	К.К.Шалбаев, д.т.н., профессор		
Нормоконтроль	Р.А.Козбагаров, к.т.н., доцент	30.10.2017г.	

Научный руководитель  К.К.Шалбаев.

Задание принял к исполнению обучающийся  Турар А.

Дата 30 октября 2017 г.

АННОТАЦИЯ

Актуальность исследований. В последние годы автомобильная промышленность быстро развивается, а нехватка нефтяных ресурсов и все более серьезное загрязнение окружающей среды, вызванное выбросами автомобильных выхлопов, создает серьезные проблемы для ее дальнейшего развития.

Водород, как альтернативное моторное топливо имеет свои уникальные преимущества в улучшении экономии топлива и сокращении выбросов вредных газов. Однако мы не можем напрямую использовать водород в качестве альтернативного топлива из-за его высокой стоимости др. свойств.

Разработка двигателя на базе бензинового топлива с добавлением водорода является важным направлением исследований. Мы сравниваем некоторые результаты исследования, в которых использовалась ННО для снижения расхода топлива и вредных выбросов в двигателях внутреннего сгорания.

Также рассматриваются и оцениваются преимущества влияние добавления ННО на основе гидроксидов, как улучшителя производительности и характеристик двигателя.

АНДАТПА

Соңғы жылдары автомобиль өндірісі қарқынды дамып келеді, ал мұнай өнімдерінің жетіспеуі және қоршаған ортаның ластануы, одан әрі дамуды тежейді.

Сутегі, альтернативті қозғалтқыш отыны ретінде, бензинді үнемдеуді, зиянды заттардың бөлінуін азайтады. Бірақта біз сутекті бірден альтернативті отын ретінде қолдана алмаймыз. Оған оның бағасының қымбаттығы және басқа да себептері кедергі.

Бензинді қозғалтқышқа сутекті қосу арқылы жасау зерттеудің басты бағыты болады. Біз түрлі зерттеулерді салыстыру арқылы, шығынды азайту мен қоршаған ортаны ластанудың жолдарын ұсындық.

Сондай-ақ, гидроксил негізіндегі ННО қосудың артықшылығы қозғалтқыштың өнімділігін жақсарту және қозғалтқыштың өнімділігін арттыру ретінде қарастырылады және бағаланады.

ANNOTATION

Relevance of research is that in recent years, the automotive industry has been developing rapidly, and the lack of oil resources and the increasing environmental pollution caused by vehicle emissions pose serious problems for its further development.

Hydrogen as an alternative motor fuel has its unique advantages in improving fuel economy and reducing emissions of harmful gases. However, we can not directly use hydrogen as an alternative fuel because of its high cost and other properties.

The development of an engine based on gasoline fuel with the addition of hydrogen is an important area of our research. We compare the results of some studies in which the HHO is used to reduce fuel consumption and emissions in internal combustion engines.

Benefits of the effect of adding HHO based on the hydroxyl, as an improver of performance and power characteristics of the engine are also being considered and evaluated.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Автомобильная промышленность	9
1.1 Бензиновые автомобилей	12
1.2 Газ Брауна или ННО	13
1.3 Преимущества газа Брауна	14
1.4 Параметры качества воздуха	15
1.4.1 Монооксид углерода	15
1.4.2 Твердые частицы	16
1.4.3 Диоксид серы	16
1.4.4 Углеводороды (летучие органические соединения)	17
1.4.5 Оксиды азота	17
1.4.6 Озон (фотохимический смог)	18
2 Использование водорода в двигателях внутреннего сгорания	19
2.1 Свойства водорода	19
2.2 Получение водорода	20
2.2.1 Технологии получения водорода	22
2.2.2 Способы получения водорода	22
2.3 Получение водорода путем электролиза	29
2.4 Оборудование для производства и компримирования водорода	32
2.5 Особенности безопасности ННО	33
2.6 Факторы, влияющие на скорость добычи газа	35
3 Установка гидравлических и механических компонентов	37
3.1 Параметры транспортных средств для эксперимента	37
3.2 Размещение генератора ННО	39
3.3 Расположение резервуара для воды	41
3.4 Размещение баблера	42
3.5 Размещение воды и шлангов ННО	43
3.6 Точка впрыска ННО	44
3.7 Общая конфигурация установки генератора DC 2000 ННО	45
4 Электрическая обвязка водородного генератора	46
5 Экспериментальные результаты и анализ	48
5.1 Работа двигателя	48
5.2 Экспериментальные данные на ДВС с генератором	48
5.3 Влияние ННО на автомобиль Ford Laser (1989)	50
5.4 Результат натурные испытания на машине Citroen -5	52
5.5 Результат натурные испытания на машине Daewoo Matiz	52
5.6 Сравнения выхлопных газов на машине Daewoo Matiz до и после эксперимента	52
Заключение	56
Список использованной литературы	57

Введение

Актуальность работы. В науке в последние годы множество работ посвящено к поиску альтернативных источников энергий. Причина этого в истощении нефти, газа и угля на планете, что уже является неизбежным. Одно из доказательств было сделано в 2014 году «BP» в День мировой энергетики. BP заявила, что в достаточном количестве нефти осталось околона 53 лет в текущих уровнях добычи [2]. Однако в правительствах нефтедобывающих стран имеются некоторые секреты. Они не показывают точное количество остатки нефти и газа. Поэтому следует активно исследовать применения водорода в качестве альтернативного топлива.

Технология водородных топливных элементов называлась топливом как для эффективности, так и для окружающей среды. Многим нравится цитировать «эффект Гинденбурга» об опасности H_2 . На самом деле, H_2 намного больше безопасный, чем бензин.

Большой объем использования бензина, угля и природного газа в промышленности вызывает глобальные проблемы, такие как озоновый слой истощение, парниковый эффект, кислотные дожди и загрязнение, которые представляют большую опасность для нашей окружающей среды.

Многие инженеры и ученые сходятся во мнении, что решением всех этих глобальных проблем будет замена существующего ископаемого топлива система с чистой водородной энергетической системой. Водород очень эффективный и чистый топлива. Его сгорание не приведет к образованию парниковых газов, химикатов, разрушающих озоновый слой, и незначительных или нулевых компонентов кислотных дождей и загрязнения.

Ископаемое топливо обладает очень полезными свойствами, которые не разделяются нетрадиционными источники энергии, которые сделали их популярными в прошлом веке. К несчастью, ископаемое топливо не возобновимо (Везироглу Т.Н., 1987). Кроме того, выбросы загрязняющих веществ системами ископаемой энергии (например, CO , CO_2 , C_nH_m , SO_x , NO_x , радиоактивность, тяжелые металлы, пепел и т. д.) являются более значительными и более разрушительными, чем те, которые могут быть водородная энергетическая система на основе возобновляемых источников (Winter CJ. 1987).

Глобальное использование ископаемого топлива для энергетических нужд быстро приводит к серьезным экологическим проблемам во всем мире. Энергетический, экономический и политический кризисы, а также здоровье людей, животных и растений - все это важнейшие проблемы. Существует острая необходимость внедрения водородной технологии. Глобальное превращение ископаемого топлива в водород позволит устранить многие проблемы и их последствия. Производство водорода из экологически чистых источников является идеальным способом (Zweig RM. 1992).

В течение многих десятилетий многочисленные исследователи

пытались использовать водород в качестве моторного топлива на очень ограниченной основе с различной степенью успеха (Ergen RA, Campbell WH. 1933).

Это единственное топливо, которое может быть получено полностью из обильных возобновляемых источников воды, хотя и за счет затрат относительно большого количества энергии. Его сжигание в кислороде дает уникально только воду, но в воздухе он также производит некоторые оксиды азота. Эти особенности делают водород превосходным топливом, чтобы потенциально соответствовать все более строгим экологическим ограничениям выбросов выхлопных газов от устройств сгорания, включая сокращение выбросов парниковых газов.

Водород как возобновляемый топливный ресурс может быть получен за счет затрат энергии на все более и более истощающие источники традиционных ископаемых видов топлива. Краткое изложение и обсуждение положительных характеристик водорода как топлива и связанных с ним ограничений, которые создают трудности при его широком применении в качестве топлива для двигателя, как необходимого, так и необходимого.

Водород давно признан в качестве топлива, обладающего некоторыми уникальными и весьма желательными свойствами, для применения в качестве топлива в двигателях (King RO, Rand M. 1955).

Во время Первой мировой войны водород и чистый кислород рассматривались как использование подводной лодки, потому что команда могла получить питьевую воду из выхлопа. Водород также рассматривался для использования в двигателях дирижаблей. Газ, используемый для плавучести, также можно использовать в качестве топлива. Даже если гелий использовался для обеспечения подъема, газообразный водород мог бы использоваться для обеспечения дополнительной плавучести при хранении при низком давлении в легком контейнере.

В первые годы разработки двигателей внутреннего сгорания водород не был «экзотическим» топливом, каким он является сегодня. Расщепление воды электролизом было хорошо известным лабораторным явлением. Отто в начале 1870-х годов рассматривал различные виды топлива для двигателя внутреннего сгорания, в том числе водород. Он отверг бензин как слишком опасный. Более поздние разработки в технологии сжигания сделали бензин более безопасным.

Самые ранние эксперименты с двигателем были разработаны для сжигания различных газов, включая природный газ и пропан. Когда водород использовался в этих двигателях, это могло иметь неприятные последствия.

Поскольку водород сгорает быстрее, чем другие виды топлива, топливовоздушная смесь загорается во впускном коллекторе до того, как впускной клапан закроется. Закачиваемая вода контролировала обратную реакцию. Водород давал меньше энергии, чем бензин с водой или без воды.

Фактически, Toyota представила свой первый автомобиль с двигателем H₂, Mirai, в отдельных районах США, где они также скоординировали

установку заправочных станций H_2 [3].

На рынке наиболее известны три автомобиля с водородными топливными элементами. Это Toyota Mirai, Honda Clarity и Hyundai Tucson / ix35. Хотя ожидается, что в ближайшие годы промышленность расширится. В настоящее время количество водородных автомобилей составляет менее 0,1 процента от общего количества автомобилей. Другая проблема исходит из экономических причин, так как самая доступная Toyota Mirai предлагается для продажи начиная с 57 500 долларов [4].

По этой причине мы предлагаем использовать генератор водорода для снижения расхода топлива и уменьшить количество выбросов вредных газов в атмосферу.

Цель. Целью диссертационной работы является определение снижение расхода бензина при использовании газогенератора ННО в ДВС и исследовать изменение количества выбросов вредных газов в атмосферу NO_x , CO и HC газов при использовании ННО.

Основные задачи. Последние годы автомобильная промышленность быстро развивается, а нехватка нефтяных ресурсов и все более серьезное загрязнение окружающей среды, вызванное выбросами автомобильных выхлопов, создает серьезные проблемы для ее дальнейшего развития. Нам необходима решить эту проблему используя различные методы и одним из таких методов является использование генератора ННО в двигателе внутреннего сгорания.

1 Сбор информации о глобальных проблемах, связанных с автомобильной промышленностью;

2 Сбор информации об использовании водорода в двигателях внутреннего сгорания;

3 Установка гидравлических и механических компонентов ННО генератор на машине Daewoo Matiz (объем 0.8 л, 2007);

4 Проведение эксперимент на машине Daewoo Matiz и получения результат.

1 Автомобильная промышленность

1.1 Бензиновые автомобили

Количество легковых автомобилей и коммерческих автомобилей, используемых во всем мире с 2006 по 2015 год в (1000 единиц)

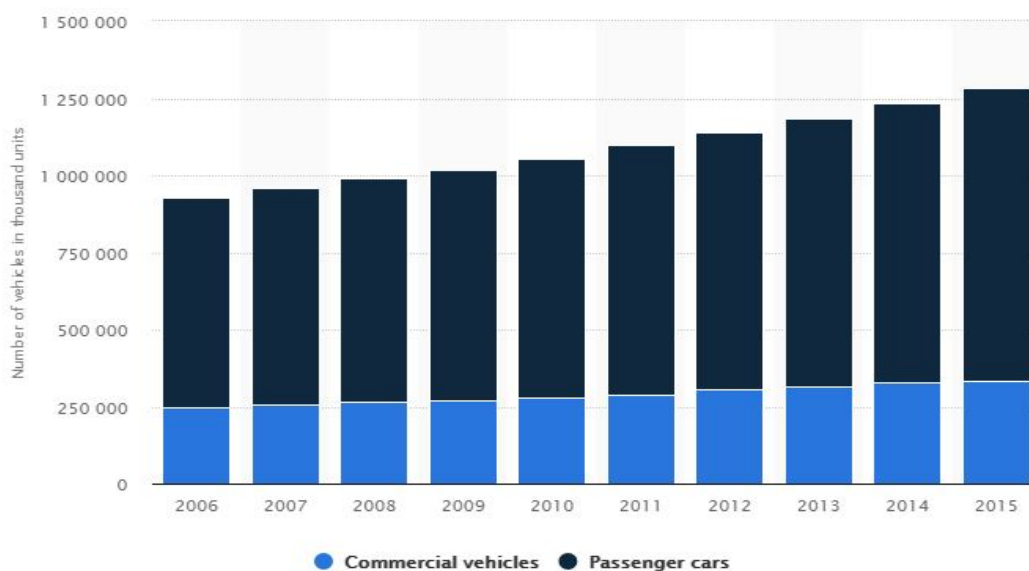


Рисунок 1.1 - Количество легковых бензиновых автомобилей и коммерческих автомобилей

Эта статистика показывает количество легковых бензиновых автомобилей и коммерческих автомобилей, используемых во всем мире с 2006 по 2015 год. В 2015 году в мире эксплуатировалось около 947 миллионов легковых бензиновых автомобилей и 335 миллионов коммерческих автомобилей. Эти цифры растут с каждым годом.

Мировая бензиновая автомобильная продукция с 2000 по 2016 год (в миллионах автомобилей).

Основная цель исследования является определение снижения расхода бензина при использовании газогенератора ННО в ДВС и исследовать есть ли уменьшение количества выбросов вредных газов в атмосферу, как NO_x , CO и HC газов когда ННО вводится в систему.

Разработка двигателя на базе бензинового топлива с добавлением водорода является важным направлением исследований, которые потребляют альтернативное топливо.

Так как мы не можем напрямую остановить рост числа автомобильных производств, нам остается предложить использовать разные методы, чтобы спасти наш мир от загрязнения.

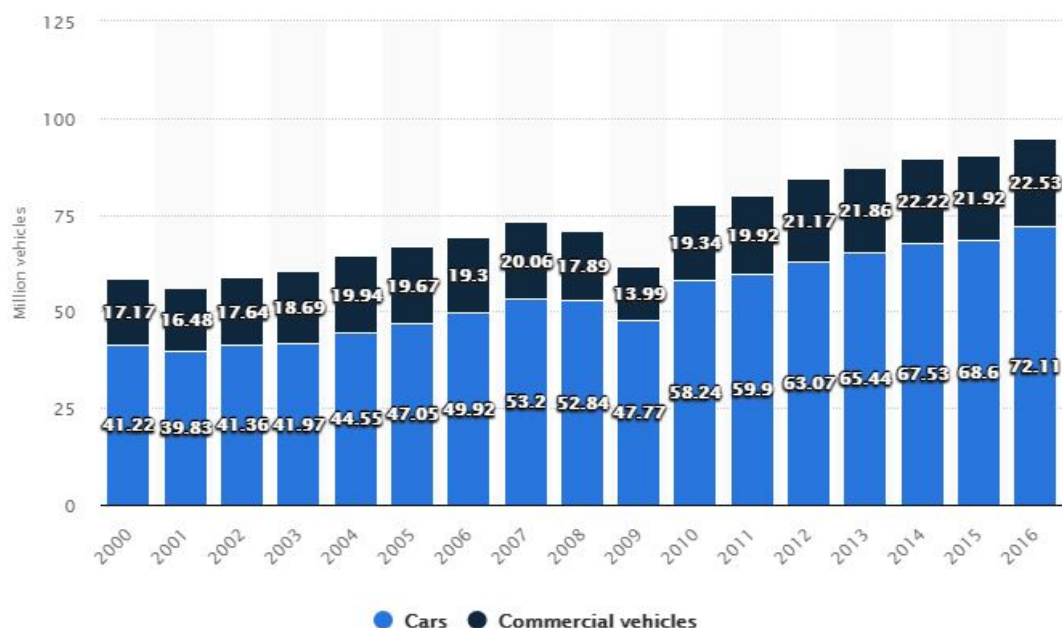


Рисунок 1.2 - Мировое бензиновое автомобильное производство с 2000 по 2016 год

Этот график показывает мировое бензиновое автомобильное производство с 2000 по 2016 год. В 2016 году было произведено около 72 миллионов автомобилей по всему миру. Эта цифра означает увеличение примерно на пять процентов по сравнению с предыдущим годом. Китай, Япония, Германия и Соединенные Штаты были крупнейшими производителями пассажирских автомобилей в 2016 году [19].

1.2 Газ Брауна или ННО

Название Газа Брауна получено от Йула Брауна, талантливого болгарского профессора и изобретателя, живущего в Австралии. Он был одним из первых, кто обратил внимание на необыкновенные свойства ННО и дешево отделил его от воды. Он также был одним из первых, кто использовал его для питания двигателя внутреннего сгорания, а также для продажи его в качестве сварочного газа (и одним из первых, кто испытал ауру подавления, окружающую эту альтернативную энергию).

Вода может быть дешево диссоциирована на газ Брауна / газ ННО (одноатомный и двухатомный водород и кислород), используя эффективные методы электролиза, которые требуют очень мало энергии для работы или сложности для создания.

Профессор Браун обнаружил, что использование относительно небольшого количества тщательно настроенного импульсного электричества на погружных пластинчатых электродах, действующих в качестве

конденсаторов, может разорвать атомные связи воды на ННО в тысячи раз эффективнее, чем старые методы систем с высокой силой «грубой силы».

Это не нарушает каких-либо существующих научных принципов: при превышении «емкости» электродов происходит большой выброс энергии, подобный перенапряженной электроизолированной «крышке» в цепи, взрывающейся во многом подобно фейерверку. И доктор Браун также обнаружил, что ННО обладает несколькими уникальными свойствами, которые не известны ни в одном другом источнике энергии.

ННО не имеет заданной температуры горения: при сгорании реагирует на вещество, с которым контактирует. Он может гореть достаточно прохладно на воздухе, чтобы быстро провести по нему пальцем (около 230 градусов Цельсия); все же он может сублимировать вольфрам на более чем 6000 градусов. С, когда пламя касается его. Как горящая горелка, она прогорает сквозь сталь или кирпич удивительно быстро (намного быстрее, чем газовые смеси оксиацетилена). Тем не менее, при сгорании у ННО есть только один побочный продукт: чистая вода.

Помимо профессора Брауна, самое известное имя в ННО - это имя Стэнли Мейера. Он был изобретателем из Огайо, работал с ННО в 70–90-х годах до своей загадочной смерти в 1998 году.

Теперь есть надежда, что Газ Брауна и другие новые и подавленные энергетические технологии в конечном итоге дойдут до мейнстрима и спасут нас от углеродной тюрьмы, в которой мы все сейчас находимся. В Интернете есть движение, известное как открытая энергия; это совместное усилие, в котором говорится, что попытка запатентовать и продать новые альтернативные источники энергии не работает. Нам необходимо объединить усилия, поделиться нашей информацией, а также создать и протестировать наши собственные устройства альтернативной энергии.

Когда ННО добавляется к топливу и зажигается, гораздо больше углеводородов сгорает полностью. Создание более чистого выхлопа и увеличение мощности двигателя. Результатом является увеличение пробега газа и более плавная работа, более продолжительные двигатели, которые расходуют гораздо меньше энергии [17].

1.3 Преимущества газа Брауна

Экономить деньги; путем увеличения автомобильных миль на галлон и эффективности использования топлива.

Сокращение выбросов; когда газ Брауна сжигается, конечным продуктом является вода.

Повышает тепловую эффективность и работает как на дизельных, так и на бензиновых двигателях.

Снижает шум двигателя и улучшает лошадиные силы.

Газ Брауна эффективен, безопасен, чист и менее дорог в эксплуатации.

1.4 Параметры качества воздуха

Монооксид углерода.

Твердые частицы.

Диоксид серы.

Углеводороды (летучие органические соединения).

Оксиды азота.

Озон (фотохимический смог).

1.4.1 Монооксид углерода

Монооксид углерода (СО) - это газ без запаха, бесцветный, который образуется естественным путем в результате выбросов из моря, процессов горения (пожары в кустах) и окисления метана в атмосфере (в результате органического разложения).

В качестве антропогенного (созданного человеком) источника СО является продуктом процесса сгорания, когда имеется ограниченная подача кислорода, обычно происходящая в двигателях внутреннего сгорания. СО легко окисляется до диоксида углерода в присутствии концентраций кислорода, находящихся в атмосфере, и, как таковая, обычно не представляет проблемы, если пространство или концентрация кислорода не ограничены.

В организме СО соединяется с гемоглобином с образованием карбоксигемоглобина. Гемоглобин имеет большее сродство к угарному газу, чем кислород (в 200 раз). Как таковой, когда это вдыхая, он уменьшает поглощение кислорода легкими. Этот процесс является обратимым, и, если воздействие угарного газа снижается, вредные последствия воздействия будут устранены в течение нескольких часов.

Все подвержены риску отравления угарным газом. Младенцы, пожилые люди, люди с хроническими сердечными заболеваниями, анемией или проблемами с дыханием чаще болеют СО. Каждый год более 400 американцев умирают от непреднамеренного отравления СО, не связанного с пожарами, более 20 000 посещают отделение неотложной помощи, и более 4000 госпитализированы.

Краткосрочные последствия острого воздействия СО включают головные боли, тошноту и летаргию. Однако об этом обычно не сообщают до тех пор, пока концентрации карбоксигемоглобина (образующиеся при поглощении СО кровью) не превышают 10% от насыщения.

Это приблизительно равно равновесному значению, достигаемому при концентрации атмосферного воздуха $70 \text{ мг} / \text{м}^3$ для человека, занимающегося 8 видами легкой деятельности.

Тем не менее, имеются данные, свидетельствующие о том, что существует риск для людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями, когда концентрация карбоксигемоглобина достигает 4%, и Всемирная организация

здравоохранения (ВОЗ) рекомендует не допускать превышения концентрацией в окружающей среде уровня 4% [14].

1.4.2 Твердые частицы

Всего взвешенных частиц (TSP) состоит, конечно, из мелких частиц. В атмосфере частицы имеют размер от 0,1 до 50 мкм. Даже без человеческой деятельности атмосфера содержит частицы из таких источников, как ветренная пыль, вулканы, пожары, морская соль, пыльца и бактерии. Что касается человеческой деятельности, промышленность обычно является крупнейшим производителем твердых частиц.

Атмосферные частицы включают первичные и вторичные загрязнители. Основным источником первичных мелких частиц от двигателей внутреннего сгорания являются выбросы дизельного топлива. Вторичные частицы включают сульфаты и нитраты, которые происходят из выбросов диоксида серы и диоксида азота соответственно, и органические аэрозоли, которые происходят из летучих органических соединений (ЛОС).

Размер частиц определяет, насколько глубоко в дыхательную систему проникают частицы. Частицы с аэродинамическим диаметром более 10 мкм (мкм) экранируются верхних дыхательных путей, в то время как частицы размером менее 10 мкм, известные как PM10, могут проникать в нижние дыхательные пути. Недавние исследования в области здравоохранения показали, что мелкие частицы с аэродинамический диаметр менее 2,5 мкм, PM2,5, способен глубоко проникать в легкие. Потенциальные неблагоприятные воздействия на здоровье, связанные с воздействием мелких частиц, включают увеличение смертности от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, хронической обструктивной болезни легких и болезней сердца, снижение легочной емкости у детей-астматиков и т. д.

Воздействие твердых частиц на здоровье человека дополнительно усугубляется химической природой частиц и возможностью синергетического воздействия с другими загрязнителями воздуха, такими как диоксид серы. (Отрицательный) синергетический эффект - это когда комбинация двух загрязняющих веществ становится более вредной для здоровья при смешивании.

В вышеуказанном случае диоксид серы способен прилипать к мелким частицам и поэтому переносится глубоко в легкие, где он может причинить большой ущерб [14].

1.4.3 Диоксид серы

Диоксид серы - это кислый газ, который может оказывать вредное воздействие на дыхательную систему, а также на растительность и

строительные материалы, когда он в сочетании с влагой в атмосфере превращается в «кислотный дождь».

Воздействие диоксида серы является более распространенным из-за случаев «заземления шлейфа» (когда шлейф загрязнителя не рассеивается и не попадает на окружающую землю) от электростанций, работающих на высокосернистом угле. Обычно это происходит в коротких эпизодах, и это отражается в коротком времени усреднения (10 минут и 1 час), заданном для цели по качеству воздуха из диоксида серы (как определено Национальным советом по здравоохранению и медицинским исследованиям) [14].

1.4.4 Углеводороды (летучие органические соединения)

Природные выбросы, такие как выбросы эвкалиптов, составляют более 50% выбросов летучих органических соединений (ЛОС) во многих средах. Однако в городской среде в выбросах обычно преобладают выбросы транспортных средств, поскольку биогенные источники обычно расположены вдали от городских центров. Источники летучих органических соединений (ЛОС) включают неконтролируемые выбросы паров смазочных материалов и топлива, а также продукты неполного сгорания топлива. Количество испаряющихся выбросов связано с суточной температурой.

ЛОС являются важным предшественником фотохимического загрязнения или смога. Воздействие ЛОС на окружающую среду включает кислотные дожди, поскольку они подвергаются химическим реакциям в атмосфере.

Углеводороды сами по себе обычно не представляют проблемы при концентрациях, обычно возникающих в придорожных средах. Известно, что такие углеводороды, как бензол, оказывают вредное воздействие на здоровье человека, но считается, что эти воздействия возникают при концентрациях, превышающих уровни воздействия, обнаруживаемые на обочинах дорог в результате дорожных выбросов.

Летучие органические вещества, такие как бензол и 1,3-бутадиен, были выделены в качестве ключевых загрязнителей, поскольку они являются известными канцерогенами. ВОЗ указывает фактор риска развития лейкемии в диапазоне от $4,4 \times 10^{-6}$ до $7,5 \times 10^{-6}$ для воздействия в течение жизни $1 \text{ мкг} / \text{м}^3$ бензола, и в настоящее время многие в медицинском / научном сообществе считают, что безопасный предел воздействия бензола [14].

1.4.5 Оксиды азота

Оксиды азота (NO_x) включают оксид азота (NO) и диоксид азота (NO_2). Все процессы горения в присутствии воздуха производят оксид азота, а концентрации повышаются под высоким давлением.

NO вырабатывается естественным путем в результате микробной активности, а также в результате грозových явлений в значительных количествах.

Антропогенно NO образуется в атмосфере в результате процессов сгорания, особенно процессов с высокой температурой ($> 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$), таких как процессы, происходящие на электростанциях и в двигателях внутреннего сгорания автомобилей. Как правило, NO будет составлять от 5% до 10% от общего объема выбросов NO_x из источников сгорания.

NO_x может образовываться при сгорании либо в виде теплового NO_x , либо в виде топливного NO_x . Тепловой NO_x образуется в результате окисления атмосферного азота в воздухе для горения. Топливо NO_x производится путем окисления азота, присущего источнику топлива. Поэтому топливо NO_x имеет значение только при сжигании обогащенных азотом соединений, таких как тяжелые топливные масла.

Большая часть NO_2 попадает в атмосферу путем окисления оксида азота (NO), при этом лишь небольшая часть выбрасывается непосредственно в атмосферу.

NO_2 является токсичным газом. Воздействие NO_2 может привести к снижению функции легких и увеличению респираторных заболеваний. Воздействие высоких уровней в атмосфере может привести к значительному увеличению числа случаев госпитализации и посещений неотложной помощи при респираторных и сердечно-сосудистых заболеваниях [14].

1.4.6 Озон (фотохимический смог)

Фотохимический смог - это вид загрязнения воздуха, возникающий, когда солнечный свет воздействует на выхлопные газы автомобиля с образованием вредных веществ, таких как озон (O_3), альдегиды и пероксиацетилнитрат.

Озон вызывает проблемы с дыханием, головные боли, усталость и может усугубить проблемы с дыханием.

Пероксиацетилнитрат ($\text{CH}_3\text{CO-OO-NO}_2$) в фотохимическом смоге может раздражать глаза, вызывая их попадание воды и жало [14].

2 Использование водорода в двигателях внутреннего сгорания

2.1 Свойства водорода

Водород является бесцветным, без запаха, без вкуса и неядовитым газом при нормальных условиях на земле. Как правило, он существует в виде двухатомной молекулы, то есть каждая молекула имеет два атома водорода;

Вот почему чистый водород обычно обозначается как «H₂». Водород является наиболее распространенным элементом во вселенной, на его долю приходится 90 процентов от массы вселенной. Тем не менее, он обычно не встречается в чистом виде, так как он легко сочетается с другими элементами.

Это также самый легкий элемент, имеющий плотность 0,08988 г / л при стандартном давлении.

Водород имеет несколько важных химических свойств, которые влияют на его использование в качестве топлива:

- Он соединяется с кислородом, образуя воду, которая абсолютно необходима для жизни на этой планете.

- Он имеет высокое содержание энергии на вес (почти в 3 раза больше, чем бензин), но плотность энергии на объем довольно низкая при стандартной температуре и давлении. Объемная плотность энергии может быть увеличена путем хранения водорода под повышенным давлением или хранения его при чрезвычайно низких температурах в виде жидкости. Водород также может быть адсорбирован в гидриды металлов.

- Водород очень легко воспламеняется; требуется лишь небольшое количество энергии, чтобы зажечь его и заставить его сгореть. Он также имеет широкий диапазон воспламеняемости, что означает, что он может гореть, если он составляет от 4 до 74 процентов объема воздуха.

- Водород горит бледно-голубым, почти невидимым пламенем, что затрудняет просмотр водородных огней.

- Сжигание водорода не приводит к выбросам углекислого газа (CO₂), твердых частиц или серы. Он может производить выбросы закиси азота (NO_x) при некоторых условиях.

- Водород может быть получен из возобновляемых ресурсов, таких как реформинг этанола (этот процесс выделяет некоторое количество углекислого газа) и электролиз воды [18].

Некоторые важные свойства водорода приведены в Таблице 2.1.

Таблице 2.1 - Физические свойства водорода, метана и бензина

Свойство	Водород	Метан	Бензин
1	2	3	4
Плотность при 1 атм и 300 К (кг / м ³)	0.082	0.717	5.11
Стехиометрическая композиция в воздух (% по объему)	29.53	9.48	1.65

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4
Количество молей после сгорания до	0.85	1.00	1.058
LHV (МДж / кг)	119.7	46.72	44.79
Энергия сгорания на кг стехиометрическая смесь (МДж)	3.37	2.56	2.79

Специфические физические характеристики водорода довольно сильно отличаются от этих обычных видов топлива. Некоторые из этих свойств делают водород потенциально менее опасным, в то время как другие характеристики водорода теоретически могут сделать его более опасным в определенных ситуациях.

В Таблице 2.2. характеристики сгорания показаны для определенных видов топлива [18].

Таблице 2.2 - Свойства сгорания водорода, метана и бензина

Свойство	Водород	Метан	Бензин
Пределы воспламеняемости (% по объему)	4 - 75	5.3 – 15.0	1.2 – 6.0
Минимальное зажигание энергия (мДж)	0.02	0.28	0.25
Ламинарное пламя скорость при НТП (м / с)	1.90	0.28	0.37-0.43
Самовоспламенения температура (К)	858	813	≈500 – 750

2.2 Получение водорода

Хотя водород присутствует в большом количестве как элемент, водород почти всегда находится в составе другого соединения, такого как вода (H₂O), и его необходимо отделить от соединений, которые его содержат, прежде чем его можно будет использовать в транспортных средствах. После отделения водород может использоваться вместе с кислородом из воздуха в топливном элементе для выработки электричества посредством электрохимического процесса.

Водород - самый простой и распространенный элемент на земле.

Водород легко сочетается с другими химическими элементами, и его всегда можно найти в составе другого вещества, такого как вода, углеводород или спирт. Водород также содержится в природной биомассе, которая включает растения и животных. По этой причине он считается энергоносителем, а не источником энергии. Существует много разных способов получения водорода и они показаны на рисунке 2.1.

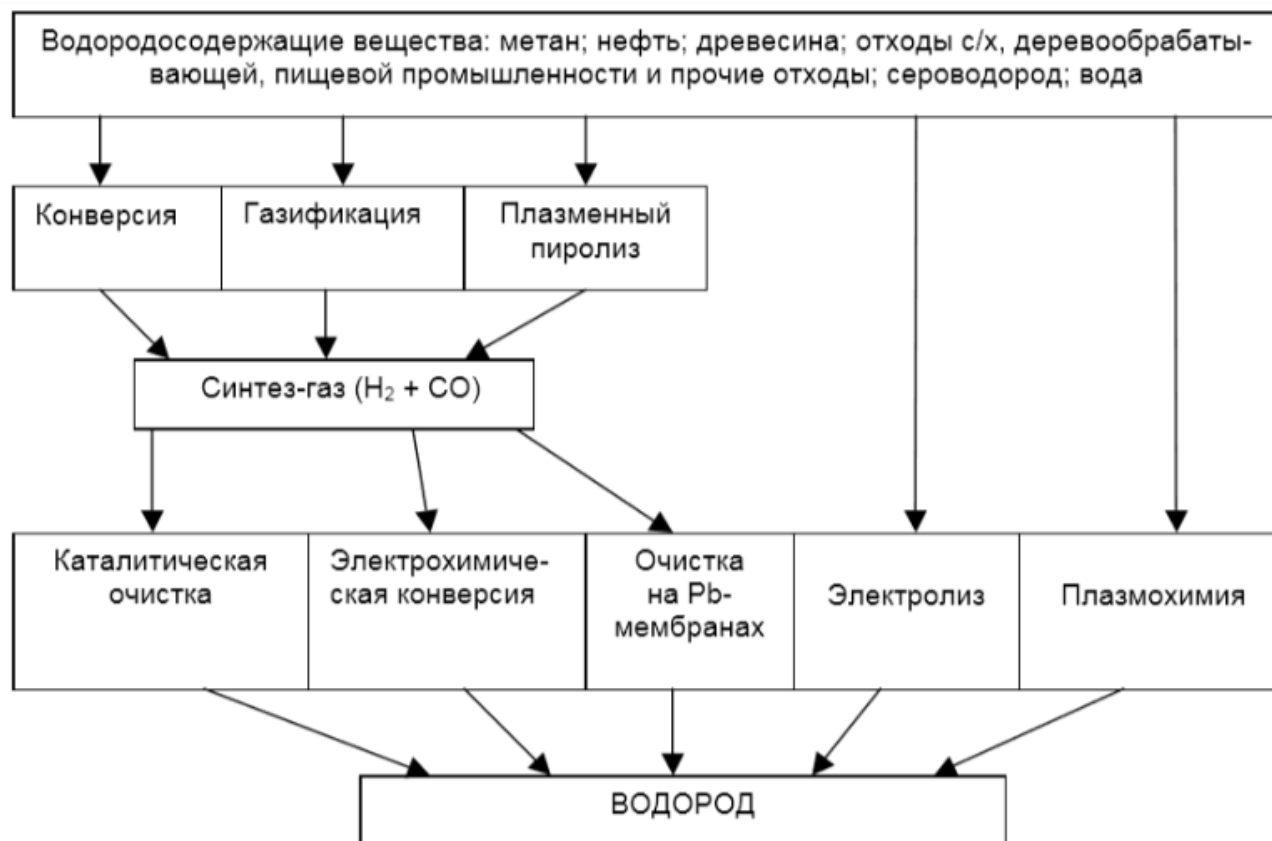


Рисунок 2.1 - Возможные источники и пути получения водорода [21]

Водород может быть произведен с использованием разнообразных внутренних ресурсов, включая ядерный, природный газ и уголь, биомассу и другие возобновляемые источники. К последним относятся солнечная, ветровая, гидроэлектрическая или геотермальная энергия. Такое разнообразие внутренних источников энергии делает водород перспективным энергоносителем и важным для энергетической безопасности. Желательно, чтобы водород производился с использованием различных ресурсов и технологических процессов или путей.

Производство водорода может быть достигнуто с помощью различных технологических процессов, в том числе тепловых (реформинг природного газа, возобновляемая обработка жидкости и биомасла, биомасса и газификация угля), электролитических (расщепление воды с использованием различных энергетических ресурсов) и фотолитических (расщепление воды).

использование солнечного света через биологические и электрохимические материалы) [25].

2.2.1 Технологии получения водорода

Водород может быть получен с использованием ряда различных процессов. Термохимические процессы используют тепло и химические реакции для выделения водорода из органических материалов, таких как ископаемое топливо и биомасса. Вода (H_2O) может быть разделена на водород (H_2) и кислород (O_2) с помощью электролиза или солнечной энергии.

Микроорганизмы, такие как бактерии и водоросли, могут производить водород посредством биологических процессов. Водород можно производить из разнообразных внутренних ресурсов, включая ископаемое топливо, биомассу и электролиз воды с помощью электричества. Воздействие на окружающую среду и энергоэффективность водорода зависит от того, как он производится. Некоторые проекты находятся в стадии снижения затрат, связанных с производством водорода [23].

2.2.2 Способы получения водорода

1. Паровой риформинг метана

Реформирование природного газа - это продвинутый и зрелый производственный процесс, основанный на существующей инфраструктуре доставки природного газа. Сегодня 95% водорода, производимого в Соединенных Штатах, производится путем риформинга природного газа на крупных центральных заводах. Это важный технологический путь для производства водорода в ближайшем будущем.

Природный газ содержит метан (CH_4), который можно использовать для производства водорода с помощью термических процессов, таких как парометановое преобразование и частичное окисление.

Большая часть водорода, производимого сегодня в Соединенных Штатах, производится путем паровой метановой конверсии, зрелого процесса производства, в котором высокотемпературный пар ($700-1000\text{ }^\circ\text{C}$) используется для производства водорода из источника метана, такого как природный газ. При паровой конверсии метана метан реагирует с паром под давлением 3–25 бар (1 бар = 14,5 фунтов на кв. Дюйм) в присутствии катализатора с образованием водорода, оксида углерода и относительно небольшого количества углекислого газа. Паровой риформинг является эндотермическим, то есть тепло должно подаваться в процесс для протекания реакции.

Впоследствии, в так называемой «реакции сдвига водяного газа», монооксид углерода и пар вступают в реакцию с использованием

катализатора с получением диоксида углерода и большего количества водорода. На последнем этапе процесса, называемом «адсорбция с переменным давлением», диоксид углерода и другие примеси удаляются из газового потока, оставляя практически чистый водород. Паровой риформинг также может быть использован для производства водорода из других видов топлива, таких как этанол, пропан или даже бензин.

Реакция паровой метановой конверсии:



Водо-газовая сдвиговая реакция:



Реформирование дешевого природного газа может обеспечить водород сегодня для электромобилей на топливных элементах (FCEV), а также для других применений. В долгосрочной перспективе Министерство энергетики ожидает, что производство водорода из природного газа будет увеличено за счет производства из возобновляемых источников, ядерного топлива, угля (с улавливанием и хранением углерода) и других низкоуглеродистых внутренних энергетических ресурсов.

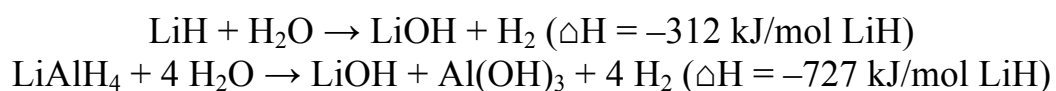
Использование и выбросы нефти ниже, чем для автомобилей с двигателем внутреннего сгорания, работающих на бензине. Единственным продуктом из выхлопной трубы FCEV является водяной пар, но даже с последующим процессом производства водорода из природного газа, а также доставки и хранения его для использования в FCEV, общие выбросы парниковых газов сокращаются вдвое, а нефть снижается более чем на 90%. по сравнению с сегодняшними бензиновыми автомобилями[23].

2. Получение водорода из гидридов и боргидридов металлов

Топливные элементы часто используют сжатый водород в качестве топлива; однако многие другие источники водорода могут использоваться с топливными элементами. Хранение химического гидрида является альтернативным способом получения водорода посредством химической реакции. В этих реакциях участвуют химические гидриды, вода и спирты.

Химические реакции не являются обратимыми, и побочные продукты должны быть отброшены. Водородное топливо также может быть получено путем химической реакции с твердыми «химическими гидридами». Этот метод находится где-то между гидридами металлов и риформингом.

Химические вещества, такие как гидрид лития, литийалюминийгидрид и борогидрид натрия, могут быть объединены с водой для экзотермического выделения газообразного водорода:





Эти соединения легче, чем обратимые гидриды металлов, и выделяют больше водорода, потому что водород выделяется из водного реагента. Три примера химических гидридов и их возможности хранения водорода показаны в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Три примера химических гидридов и их возможности хранения водорода

Наименование	LiH	LiAlH	NaBH
Соотношение водорода и гидрида (мас.%)	25.2	21.1	21.3
Водород-гидрид плюс стехиометрическое соотношение воды (мас.%)	7.7	7.3	7.3
Отношение водорода к системе (мас.%), Принимая 20% дополнительного веса	6.4	6.1	6.1
Масса гидридного порошка, необходимого для выхода водорода 250 г	980 г	1177 г	1173 г
Стоимость за гидридную массу приведена выше	\$268.00	\$503.00	\$178.00

Существенным аспектом химической гидридной системы является вес. Вес системы может быть оценен с использованием химического гидрида, водяных баллонов, смесительного устройства и регулирующих клапанов. Например, для получения LiH 250 граммов водорода потребовалось бы 0,98 кг гидрида с механическим приводом, резервуар с водой на 2,2 кг и дополнительные 200 г систем управления и смешивания.

Химические гидриды могут безопасно содержаться в небольших субъединицах. Гидриды должны храниться в атмосфере азота или аргона и защищены от воды.

Выработка тепла и стоимость являются основными проблемами, связанными с химическими гидридами. Менее экзотермическая из двух указанных выше реакций (LiAlH₄) дает 182 кДж тепла на моль выделяющейся H₂. В зависимости от конструкции и мощности системы это означает, что может быть выработано несколько киловатт тепла. Это необходимо учитывать при рассмотрении общего дизайна системы.

Стоимость гидридов металлов высока, потому что они в настоящее

время производятся в небольших количествах и требуют чистоты более 95% для экспериментальных целей. Остаточный раствор отходов, полученный в результате химической реакции, может быть переработан для снижения затрат, связанных с производством свежей партии порошка химического гидрида [24].

3. Фотоэлектролиза

Фотоэлектролиз является одним из возобновляемых способов получения водорода, демонстрируя многообещающую эффективность и стоимость, хотя он все еще находится в стадии экспериментального развития.

В настоящее время это наименее затратный и наиболее эффективный способ получения водорода из возобновляемых источников.

Фотоэлектрод представляет собой полупроводниковое устройство, поглощающее солнечную энергию и одновременно создающее необходимое напряжение для прямого разложения молекулы воды на кислород и водород.

Фотоэлектролиз использует фотоэлектрохимическую (PEC) систему сбора света для управления электролизом воды. Если полупроводниковый фотоэлектрод погружен в водный электролит, подвергающийся воздействию солнечного излучения, он будет генерировать достаточно электрической энергии, чтобы поддерживать генерируемые реакции водорода и кислорода.

При генерации водорода электроны высвобождаются в электролит, тогда как для генерации кислорода требуются свободные электроны. Реакция зависит от типа полупроводникового материала и интенсивности солнечного излучения, которое создает плотность тока $10\text{--}30 \text{ mA} / \text{cm}^2$. При этих плотностях тока напряжение, необходимое для электролиза, составляет приблизительно 1,35 В.

Фотоэлектрод состоит из фотоэлектрического (полупроводникового), каталитического и защитного слоев, которые можно моделировать как независимые компоненты. Каждый слой влияет на общую эффективность фотоэлектрохимической системы.

Фотоэлектрический слой изготовлен из светопоглощающих полупроводниковых материалов. Поглощение света полупроводниковым материалом прямо пропорционально характеристикам фотоэлектрода. Полупроводники с широкими полосами обеспечивают необходимый потенциал для расщепления воды.

Каталитические слои фотоэлектрохимического элемента также влияют на производительность электролиза и требуют подходящих катализаторов для расщепления воды.

Оболочечный слой является еще одним важным компонентом фотоэлектрода, который предотвращает коррозию полупроводника внутри водного электролита.

Этот слой должен быть очень прозрачным, чтобы обеспечить максимальную солнечную энергию, чтобы он мог достигать фотоэлектрического полупроводникового слоя [25].

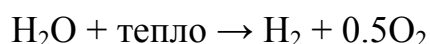
Таблица 2.4 - Идеальные пределы эффективности фотоэлектролиза воды, оцененные различными авторами [29].

Номер заявки	Эффективность (%)	Комментарии
1	28	Предположения за оценкой не известны.
2	3.4-6.3	Для АМ 1.0 инсоляция; оценка зависит от например, полупроводник
3	7	АМ 1.2 для однофотонной системы.
	~10	Для двухфотонной системы.
4	41	Конфигурация с двумя фотосистемами с двумя разные (оптимизированные) значения, например.
5	30.7-42.4	Для АМ 1.5 инсоляция. Расчетная эффективность зависит от типа системы солнечного преобразования; т.е. одинарная или двойная фотосистема и управляемый одно- или двухфотонным.
6	38-72	Тwin-фотосистема в АМ 1.0 для нижнего предел и 36-зонный солнечный элемент для верхнего предел.
7	9-12	Для инсоляции АМ 1.0 оценка зависит на одной или двух фотосистеме конфигурации.

4. Термохимическое разложение воды

Термохимические циклы развивались уже с 1970-х и 1980-х годов, когда они должны были способствовать поиску новых источников производства альтернативных видов топлива во время нефтяного кризиса. При термохимическом расщеплении воды, также называемом термолизом, используется только тепло для разложения воды на водород и кислород. Считается, что с помощью этих процессов можно достичь общей эффективности, близкой к 50%.

Одностадийная термическая диссоциация воды описывается следующим образом:



Один из недостатков этого процесса связан с необходимостью эффективного метода разделения H_2 и O_2 , чтобы избежать попадания

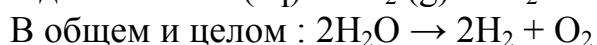
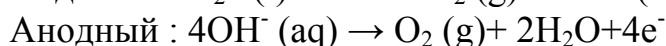
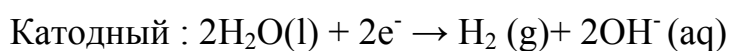
взрывоопасной смеси. Для этой цели можно использовать полупроницаемые мембраны на основе ZrO_2 и других высокотемпературных материалов. Разделение также может быть достигнуто после того, как газовую смесь продукта охлаждают до более низких температур. Палладиевые мембраны могут затем использоваться для эффективного разделения водорода.

Хорошо известно, что вода будет разлагаться при 2500°C , но материалы, стабильные при этой температуре, а также устойчивые источники тепла, не легко доступны. Поэтому химические реагенты были предложены для снижения температуры, тогда как в литературе упоминалось более 300 циклов расщепления воды. Все процессы значительно снизили рабочую температуру до уровня ниже 2500°C , но обычно требуют более высоких давлений. Однако считается, что расширение масштабов процессов может привести к повышению термического КПД, преодолевая одну из основных проблем, с которыми сталкивается эта технология. Кроме того, лучшее понимание взаимосвязи между капитальными затратами, термодинамическими потерями и термическим КПД процесса может привести к снижению затрат на производство водорода [25].

5. Электролиз воды

Перспективным методом получения водорода в будущем может стать электролиз воды. В настоящее время примерно 4% водорода в мире производится с помощью этого процесса. Электролиз воды или ее расщепление на водород и кислород хорошо известный метод, который начал использоваться в коммерческих целях уже в 1890 году.

Электролиз - это процесс, при котором постоянный ток, проходящий через два электрода в водном растворе, приводит к разрушению химических связей, присутствующих в молекуле воды, на водород и кислород:



Процесс электролиза происходит при комнатной температуре. Обычно используемый электролит в водном электролизе - серная кислота, и электроды сделаны из платины (Pt), которая не реагирует с серной кислотой. Процесс является экологически чистым, поскольку парниковые газы не образуются, а полученный кислород имеет дальнейшее промышленное применение. Однако по сравнению с описанными выше способами электролиз является высокоэнергоемкой технологией.

Энергетическая эффективность электролиза воды (химическая энергия, получаемая на поставляемую электроэнергию) на практике достигает 50–70%. По сути, это преобразование электрической энергии в химическую энергию в форме водорода, с кислородом в качестве полезного побочного продукта. Наиболее распространенной технологией электролиза является щелочная основа, но были разработаны протонообменная мембрана (PEM) и

твердооксидные электролизеры (SOEC). Электролизеры SOEC являются наиболее электрически эффективными, но наименее развитыми. Технология SOEC имеет проблемы с коррозией, уплотнениями, термоциклированием и миграцией хрома. Электролизеры PEM более эффективны, чем щелочные, и не имеют проблем с коррозией и уплотнениями, как SOEC; однако они стоят дороже, чем щелочные системы. Щелочные системы являются наиболее развитыми и имеют самые низкие капитальные затраты. У них самый низкий КПД, поэтому у них самая высокая стоимость электроэнергии [25].

6. Пиролиз биомассы

Пиролиз биомассы - это термическое разложение биомассы, происходящее в отсутствие кислорода. Это фундаментальная химическая реакция, которая является предшественником процессов горения и газификации и происходит естественным образом в первые две секунды.

Продукты пиролиза биомассы включают биоуголь, биомасло и газы, включая метан, водород, оксид углерода и диоксид углерода.

Процесс пиролиза состоит из одновременных и последовательных реакций, когда органический материал нагревается в неактивной атмосфере.

Термическое разложение органических компонентов в биомассе начинается при 350-550 °C и до 700-800 °C в отсутствие воздуха / кислорода. Длинные цепочки соединений углерода, водорода и кислорода в биомассе распадаются на более мелкие молекулы в виде газов, конденсирующихся паров (гудронов и масел) и твердого угля в условиях пиролиза.

Скорость и степень разложения каждого из этих компонентов зависит от параметров процесса, таких как температура реактора, скорость нагрева биомассы, давление, конфигурация реактора, сырье и т.д.

Пиролиз можно проводить в относительно небольших масштабах и в удаленных местах, что повышает плотность энергии ресурса биомассы и снижает затраты на транспортировку и обработку. Теплопередача является критической областью в пиролизе, поскольку процесс пиролиза является эндотермическим, и необходимо обеспечить достаточную поверхность теплопередачи для удовлетворения потребностей процесса в тепле.

Пиролиз биомассы предлагает гибкий и привлекательный способ превращения органического вещества в энергетические продукты, которые могут быть успешно использованы для производства тепла, энергии и химикатов.

Пиролиз биомассы привлекает большое внимание из-за его высокой эффективности и хороших экологических характеристик. Это также дает возможность перерабатывать сельскохозяйственные отходы, древесные отходы и твердые бытовые отходы в чистую энергию. Кроме того, улавливание биоуглерода может существенно повлиять на выбросы ископаемого топлива во всем мире и выступить в качестве основного игрока на мировом углеродном рынке благодаря его надежной, чистой и простой технологии производства [26].

7. Плазменная конверсия углеводородов

Плазма «известна как четвертое состояние материала», и ее можно определить как ионизированный газ. Перед этой технологией стоит задача получения водорода с наилучшей энергетической эффективностью. Плазменная технология может быть классифицирована на термическую и нетепловую плазму (неравновесную плазму) на основании уровня энергии (температура, состояние плазмы и электронная плотность). Печи с электрическим подогревом, горение, пламя, электрические разряды и удары были рассмотрены различными методами генерации плазмы.

Температура газовых компонентов является основным отличием термической плазмы от нетепловой плазменной технологии. Высокие энергетические плотности могут высвободиться из плазменного процесса, поэтому обсуждается получение водорода из применений риформинга углеводородов с использованием плазмы с и без каталитических исследований, а также получение водорода из разложения аммиака с использованием нетеплового плазменного реактора. Постоянный ток плазменной горелки (DC) использовался в первых реформаторах с плазменным нагревом, которые были тепловыми [27].

2.3 Получение водорода путем электролиза

В настоящее время многие люди ищут способы сэкономить деньги на топливе. Фундаментальным решением этой проблемы является использование водородного генератора для автомобилей. Отзывы тех, кто устанавливал это устройство самостоятельно, позволяют говорить о значительном снижении затрат на эксплуатацию транспорта. Тема довольно привлекательная.

На протяжении нескольких десятилетий идут поиски возможности приспособить двигатели внутреннего сгорания для полной или гибридной работы на водородном топливе. В Великобритании ещё в 1841 году был запатентован двигатель, работающий на воздушно-водородной смеси. Концерн «Цеппелин» в начале XX века в качестве движущей установки своих знаменитых дирижаблей использовал двигатели внутреннего сгорания, работающие на водороде. Развитию водородной энергетики способствовал и мировой энергетический кризис, разразившийся в 70 годах прошлого века.

Однако с его окончанием водородные генераторы быстро были забыты.

И это несмотря на массу преимуществ по сравнению с обычным топливом:

- идеальная воспламеняемость топливной смеси на основе воздуха и водорода, что даёт возможность лёгкого пуска двигателя при любой температуре окружающей среды;
- большое выделение тепла при сгорании газа;
- абсолютная экологическая безопасность – отработавшие газы

превращаются в воду;

- выше в 4 раза скорость сгорания по сравнению с бензиновой смесью;
- способность смеси работать без детонации при высокой степени сжатия.

Основной технической причиной, являющейся непреодолимой преградой в использовании водорода в качестве топлива автомобилем стала невозможность уместить достаточное количество газа на транспортном средстве. Размер топливного бака для водорода будет сравним с параметрами самого автомобиля. Большая взрывоопасность газа должна исключать возможность малейшей утечки. В жидком виде необходима криогенная установка. Этот способ также мало осуществим на автомобиле [22].

Водород может быть получен из большого количества первичных источников энергии и различными техническими процессами. Электролиз является перспективным вариантом получения водорода из возобновляемых источников.

Электролиз - это процесс использования электричества для расщепления воды на водород и кислород. Эта реакция происходит в установке, называемой электролизером.

«Электролизер» является клетка, которая разбивает воду на водород и кислород газов путем пропускания электрического тока через воду. Результирующий газ называется «гидрокси», так как он представляет собой смесь водорода и кислорода. Газообразный гидрокси горит как минимум в 1000 раз быстрее, чем пары бензина.

Следовательно, наиболее важная информация о электролизерах касается защитных устройств и методов, которые должны использоваться с ними. Задачи состоят в том, чтобы удерживать количество окси-газа, фактически присутствующего в системе, до абсолютного минимума и предотвращать попадание искры в газ.

Сегодня водородные генераторы у автолюбителей приобретают популярность. Однако это не совсем то, о чем шла речь выше. Путём электролиза вода превращается в так называемый газ Брауна, который и добавляют к топливной смеси.

Основная задача, которую решает этот газ, – полное сгорание топлива. Это и служит увеличением мощности и снижением расхода топлива на приличный процент. Некоторым механикам удалось добиться экономии на 40 %.

Основной технической причиной, являющейся непреодолимой преградой в использовании водорода в качестве топлива автомобилем стала невозможность уместить достаточное количество газа на транспортном средстве.

Размер топливного бака для водорода будет сравним с параметрами самого автомобиля. Большая взрывоопасность газа должна исключать возможность малейшей утечки. В жидком виде необходима криогенная установка. Этот способ также мало осуществим на автомобиле.

От площади электродов и их материала зависит количество получаемого объема газа Брауна. Если в качестве электродов брать медные или железные пластины, то реактор не сможет работать продолжительное время по причине быстрого разрушения пластин.

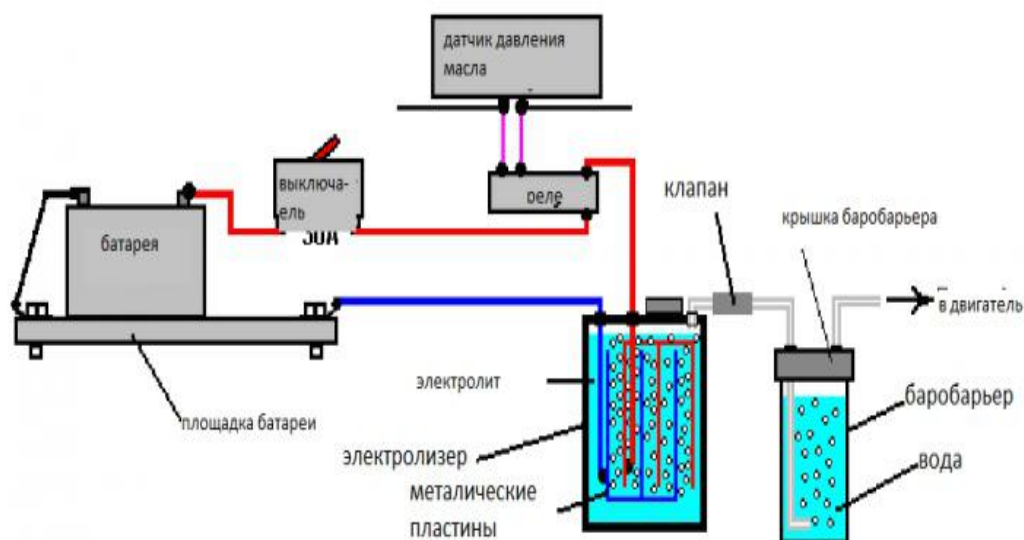


Рисунок 2.4 - простое устройство электролизера

Электролизеры очень полезны. Выход из простого электролизера может быть смешан с воздухом, всасываемым в двигатель транспортного средства, и в результате обычно получается; Значительно улучшенное количество миль на галлон, значительно сниженные выбросы загрязняющих веществ и автоматическое удаление отложений углерода в двигателе, что продлевает срок службы двигателя.

Выходной сигнал от усовершенствованного электролизера может полностью заменить мазут, но такой электролизер сложно построить, а выхлопная система будет ржаветь, и поршневые кольца могут также ржаветь [22].

Генератор ННО - это сердце системы, который производит газ ННО. Монтажное положение ячейки ННО очень важно для бесперебойной работы, так как никакая физическая модификация не производится внутри камеры. Смесь водорода и кислорода образуется при разложении воды электролизом.

При давлении 0,1 МПа и температуре 25°C для процесса электролиза требуется разность потенциалов между анодом и катодом равным 1,23 V.

Если используется раствор электролита с гидроксидом калия (KOH), напряжение между электродами может достигать 2,0-2,5 V, когда плотность тока составляет 2000A/м² при температуре электролита, равной 80°C.

В отсутствие проводящей мембраны OH ионов между анодом и катодом образуется смесь ионов водорода и кислорода и смесь газов H₂ и O₂ (ННО) с объемным соотношением водород/кислород 2:1.

Когда смесь ННО воспламеняется, происходит взрыв (расширение) и

взрыв (сжатие) горючей смеси, что приводит к образованию H_2O ; и энергия реакции высвобождается как тепловая энергия.

При сжигании ННО образуется H_2O ; это сталкивается с топливом, и они объединяются. H_2O превращается в ядро, а топливо превращается в его оболочку (из-за их различной плотности).

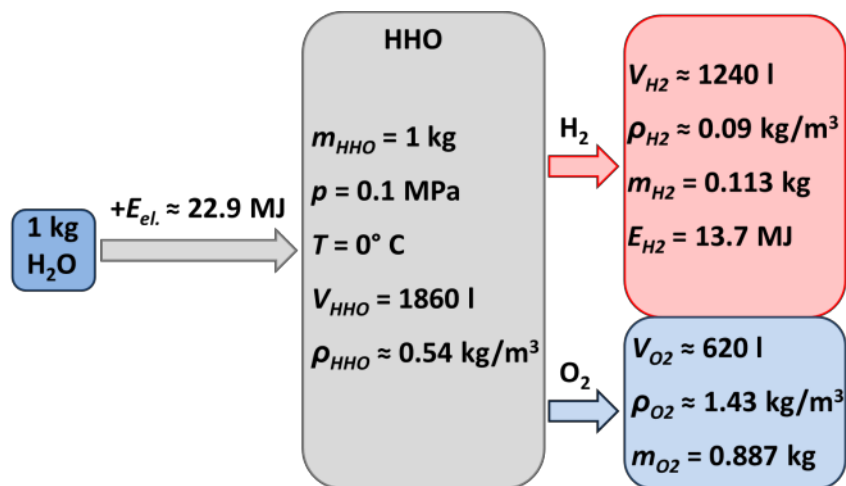


Рисунок 2.5 - Состав и свойства газа ННО

Из 1 кг воды (при потреблении электроэнергии 22,9 МДж) получается ~ 1860 литров ННО-газа. При давлении $p = 0,1$ МПа и температуре $T = 0^\circ\text{C}$ плотность газа кислорода $\rho_{O_2} = 1,43$ кг/м³, плотность водорода $\rho_{H_2} = 0,09$ кг / м³ и плотность газовой смеси ННО $\rho_{ННО} = 0,54$ кг/м³. Один литр газа ННО состоит из 0,666 литра H_2 -газа с массой $m_{H_2} = 0,06$ г и O_2 -газа с массой $m_{O_2} = 0,48$ г [5].

2.4 Оборудование для производства и компримирования водорода

Установки для получения водорода конверсионным методом из природного газа имеют ограниченное применение (по количеству используемых установок, а не по объему производства водорода). Кроме того, в большинстве случаев эти агрегаты входят состав комплексов по производству конечного продукта (аммиака и метанола).

Следует отметить, что такие установки могут применяться только в крупнотоннажных производствах, т.к. они имеют ограничения по минимальной производительности. В связи с этим, для производства водорода на местах чаще всего используются электролизеры.

В РФ количество предприятий, на которых в настоящее время используются электролизные установки, составляет около 900 [19].

В таблице 2.5 приведены сравнительные технико-экономические характеристики промышленных электролизеров российского и зарубежного производства.

Таблица 2.5 - Сравнительные характеристики электролизеров для производства водорода

Изготовитель	Производительность по водороду м ³ /ч	Масса кг	Удельная металлоемкость кг/м ³ /ч	Энергозатраты кВт·ч/нм ³ H ₂	Потребляемая мощность кВт	Электролит	
Hydrogenics Europe N.V., Бельгия	10	5080	508	4,2	42	30% KOH	
Electroliser corporation, Канада	1,8-9,9	755-2328	419-225	4,4-4,6	9,2-46	25% KOH	
Teledin Energy Systems, США	1,26-12,72	450-900	357-71	7-6	8,4-72	25% KOH	
	15,9-47,7	4082	85	5	79,5-238,5	25% KOH	
PIEL Division of ILT Tecnologie, Италия	12	1510	125	5	60	25% KOH	
Norsk Hydro, Норвегия	360	н/д	н/д	4,6	1700	25% KOH	
"Уралхим-маш", РФ	ФВ-500М	536	101360	н/д	5,3	2800	25% KOH
	БЭУ 250	250	134590	538	4,94	н/д	25% KOH
	СЭУ 40	40	10240	258	5,24	н/д	25% KOH
"ИФТИ", РФ	ФС-10.25	10	2500	250	4,8	70	25% KOH

2.5 Особенности безопасности ННО

Несмотря на то, что физическое устройство может значительно различаться, есть некоторые важные функции безопасности, которые следует отметить.

Элемент электролизера не подключен напрямую к батарее. Вместо этого его питание поступает через реле, которым управляет выключатель зажигания. Это важно, так как забыв выключить электролизер с прямым подключением, когда транспортное средство достигает места назначения, газ остается в процессе, пока автомобиль припаркован.

Этот дополнительный газ накапливается и становится опасным, в то время как батарея разряжается без какой-либо выгоды. Релейное соединение делает автоматическое отключение электролизера, и, хотя это звучит как незначительная вещь, это определено не так. Еще лучшее соединение для реле - это подсоединить его к электрическому топливному насосу, так как он автоматически отключается, если двигатель глохнет при включенном зажигании.

Электрическое питание электролизера затем проходит через сбрасываемый автоматический выключатель. Это также важная особенность, потому что, если в электролитической ячейке возникает какая-либо неисправность, которая вызывает непрерывное увеличение тока (например, чрезмерный перегрев ячейки), тогда автоматический выключатель отключает соединение и предотвращает возникновение серьезных проблем.

Светодиод с токоограничивающим резистором, скажем, 680 Ом последовательно с ним, может быть подключен непосредственно через контакты автоматического выключателя.

Светодиод может быть установлен на приборной панели. Поскольку контакты нормально замкнуты, они закорачивают светодиод, поэтому свет не горит. Если автоматический выключатель сработал, то светодиодный индикатор загорится, чтобы показать, что автоматический выключатель сработал. Ток через светодиод настолько мал, что электролизер эффективно отключается.

И электролизер, и «баблер» имеют плотно прилегающие «откидные» крышки. Это очень важно. Если бы газообразный гидроксид над поверхностью жидкости должен был воспламениться, и установка была надежно герметизирована, то повышение давления внутри устройства было бы очень быстрым, и оно взорвалось бы, как граната.

Однако, если установлены «откидные» крышки, то, когда давление начинает расти, крышка смещается, поддерживая целостность блока и предотвращая чрезмерное повышение давления. Сказав это, это главная цель, прежде всего, избежать воспламенения газа.

Провода, идущие к пластинам внутри электролизера, оба подключены значительно ниже поверхности жидкости. Это сделано для того, чтобы исключить возможность ослабления соединения из-за вибрации автомобиля и возникновения искры в области, заполненной газом. Объем над поверхностью жидкости поддерживается настолько низким, насколько это возможно, чтобы минимизировать размер взрыва в маловероятном случае, если он произойдет, несмотря на все меры предосторожности. Некоторые экспериментаторы любят уменьшать объем над поверхностью жидкости, заполняя ее полистирол «бобы».

Наконец, газообразный гидроксид пропускается через «баблер» перед подачей в двигатель. Баблер - это всего лишь высокий и узкий контейнер с водой, в который газ подается в его нижней части, и он вынужден подниматься через воду, прежде чем продолжить свой путь к двигателю. Если по какой-либо причине газ в трубе, питающей двигатель, воспламеняется, то газ над водой в баблере будет воспламеняться.

Это сдувает крышку с баблера, ограничивает взрыв небольшим количеством газа, а водяная колонна в баблере предотвращает воспламенение газа в электролизере. Кроме того, баблеры можно легко изготовить и установить, и они очень надежны [14].

2.6 Факторы, влияющие на скорость добычи газа

Жидкость, используемая для электролиза. Если используется дистиллированная вода, то ток через ячейку практически не протекает, поскольку дистиллированная вода обладает очень высокой устойчивостью к протеканию тока, и газ практически не образуется. Обычной практикой является добавление какого-либо другого вещества в воду для увеличения скорости производства газа.

Если соль добавляется в воду, скорость электролиза значительно возрастает. Однако это плохой выбор добавки, поскольку соль образует коррозионную смесь, а газообразный хлор образуется вместе с водородом и кислородом. То же самое касается аккумуляторной кислоты. Это действительно работает, но это очень плохой выбор, который вызывает практические проблемы в течение определенного периода времени. Другие добавки приведут к увеличению добычи газа, но будут иметь аналогичные нежелательные эффекты.

Две добавки выделяются как лучший выбор. Первым является гидроксид натрия (химический символ NaOH), иногда называемый «щелок». Самый лучший выбор - гидроксид калия (химический символ KOH), который доступен в форме гранул. Гидроксид калия действует как катализатор в процессе электролиза, так как он способствует выработке газа, но не расходуется в процессе [14].

Преимущества KOH:

- Электроды остаются чистыми.
- 95 - 100% чистое производство газа ННО при правильной конструкции генератора.
- Сильный и чистый электролит.

Недостатки KOH:

- Доступно не везде.
- Расстояние между электродными пластинами. Чем ближе расположены пластины, тем выше скорость добычи газа. Это имеет практическое ограничение, поскольку пузырьки газа, образующиеся между пластинами, должны выходить и подниматься на поверхность. Обычно считается, что оптимальное расстояние составляет 3 мм или 1/8 дюйма.

Площадь электродных пластин и подготовка поверхности пластины. Чем больше площадь плиты, тем выше скорость добычи газа. Частично этот эффект может быть связан с улучшением вероятности выхода пузырьков из тарелок и не блокирования некоторых площади плиты. Рекомендуется, чтобы каждая поверхность каждой электродной пластины имела площадь от двух до четырех квадратных дюймов (от 13 до 25 квадратных сантиметров) на ампер тока, протекающего через элемент.

Подготовка поверхности плит оказывает существенное влияние на скорость добычи газа. Основное улучшение достигается, если обе стороны каждой пластины шлифуются в виде крест-накрест (это приводит к

увеличению площади поверхности с тысячами микроскопических пиков, которые помогают пузырькам формироваться и выходить из пластины). Тарелки тогда собранный и погруженный в раствор электролита примерно на три дня.

Это создает защитное белое покрытие на поверхности пластин, которое способствует усилению электролиза. Затем пластины промывают дистиллированной водой, а ячейку заполняют свежим раствором электролита. Ток, протекающий через ячейку. Это абсолютно ключевой фактор в добыче газа, и один из самых трудных для точного и экономичного контроля. Чем больше ток, тем выше скорость добычи газа.

Ток контролируется концентрацией гидроксида калия в электролите (вода плюс КОН) и напряжение на ячейке. Напряжение на элементе имеет ограниченный эффект, так как оно достигает максимума всего при 1,24 вольт. До этого момента увеличение напряжения вызывает увеличение скорости добычи газа. Как только напряжение превысит 1,24 В, его дальнейшее увеличение приведет к дальнейшее увеличение темпов добычи газа не происходит [14].

3 Установка гидравлических и механических компонентов

3.1 Параметры транспортных средств для эксперимента

В нашем Сатпаевском университете мы установили генераторы DC 2000 ННО с его компонентами на двух транспортных средствах в соответствии с его руководством по эксплуатации. Параметры этих автомобилей приведены ниже в Таблице 3.1 и Таблице 3.2.

Таблица 3.1 - Citroen C5, 2003 (1997 см³)

Модель двигателя	Citroen C5, 2003 (1997 см ³)
Тип двигателя:	рядный, 4-цилиндровый, DOHC
Топливная система	распределенный впрыск
Коэффициент сжатия	10.8:1
Максимум. мощность	136 - 138 л.с.
Максимум крутящий момент	160 Нм при 4000 об / мин

Таблица 3.2 - Daewoo Matiz, 2007 (796 см³)

Модель двигателя	Daewoo Matiz, 2007 (796 см ³)
Тип двигателя:	3-цилиндровый, рядный
Топливная система	многоточечный впрыск топлива
Коэффициент сжатия	9.3:1
Максимум. мощность	51 л.с.
Максимум крутящий момент	64 Нм при 3400 об / мин



Рисунок 3.1 - Daewoo Matiz

Перед установкой генератора DC 2000 ННО хочу отметить что проводились капитальный ремонтные работы на двигателя автомобиля Daewoo Matiz. Чтобы получить правильный результат нашего эксперимента, мы хотели быть уверены, что наш двигатель работает без проблем. Фотографии процесса ремонта приведены ниже. Также видео доступны установки водородного генератора.



Рисунок 3.2 – Ремонт на мотор



Рисунок 3.3 - Установить двигатель обратно на автомобиль



Рисунок 3.4 - После капитального ремонта

3.2 Размещение генератора ННО



1- водородный генератор; 2-бочка воды;
3-осушитель; 4-двигатель; 5-впускная труба
Рисунок 3.5 - Общая конфигурация

Нужно установить новый ННО Dry-Cell как можно дальше от тепла вашего двигателя. Обычно лучшее место установить сухую камеру в пространстве между передней решеткой и радиатором, так как она находится ближе всего к входящему воздуху моторный отсек и часто самое большое доступное пространство.

Ячейка должна быть расположена вертикально и выровнена по земле так, чтобы трубные фитинги были обращены прямо к небу. Если вы посмотрите внимательно, в камере есть 2 отверстия, одно выше другого. Нижнее отверстие для впуска воды и верхнее отверстие для ННО газа на выход. Мы должны убедиться, что ячейка не размещена с углом / поворотом, который уменьшает расстояние между двумя отверстиями. Пожалуйста, посмотрите на фотографии ниже.

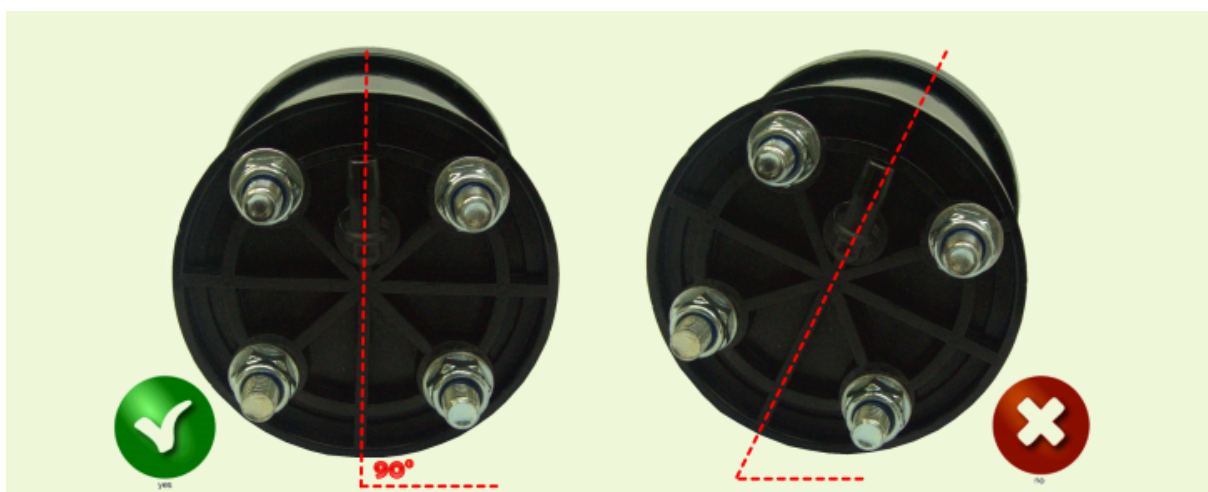


Рисунок 3.6 - Расположение сухого ячейки



Рисунок 3.7 - Расположение сухого ячейки на машине

Если сухая ячейка размещена, как показано на рисунке справа, вы не будете использовать 100% мощности генератора для производства газа ННО. Кроме того, газ ННО будет иметь проблемы с выходом из клетки, выпуская глотки. Вы можете проверить эту проблему, если колебания силы тока очень высоки.

3.3 Расположение резервуара для воды

Помните, что резервуар для воды желательно размещать на высоте не менее 20 см от генератора чтобы гарантировать достаточный напор воды для потока воды / водорода. Но в некоторых случаях с не слишком достаточно места для установки, нам просто нужно убедиться, что дно резервуара для воды немного выше, чем верх сухой камеры.



Рисунок 3.8 - Расположение резервуара для воды

3.4 Размещение баблера

Баблер будет служить двум целям: очищать газ ННО и действовать как защитный барьер. Когда ННО газ производится из сухой камеры, также образуется небольшое количество водяного пара, потому что вода будет немного жарко с течением тока. Этот водяной пар может нести крошечные частицы электролита, которые могут вызвать разрушающую коррозию. Когда пузырьки ННО поднимаются столб воды внутри баблера они "вычищены" любых частиц электролита, которые были прикреплены к водяной пар. В результате получается намного чище газ ННО. В случае воспламенения баблер также действует как защитный барьер. Если пламя достигает баблера и зажигается ННО, который накопился на вершине, вода колонка не позволит ННО перейти на сухую клетка, потому что пламя не может перейти от пузыря к пузырь.

Убедитесь, что баблотер установлен над резервуаром для воды для достижения гравитационного напора, необходимого для правильной «Фильтрация» газа ННО. Пожалуйста, посмотрите на фотографии ниже:



Рисунок 3.9 - Размещение баблера

3.5 Размещение воды и шлангов ННО

Соединения шлангов в вертикальном положении сухого элемента не требуют особых замечаний. Водозабор подключен в нижней части, а выход ННО будет в верхней части ячейки. Вам просто нужно убедиться, что выходной шланг ННО всегда находится над верхней частью ячейки. Если не ННО газ будет иметь трудности с перемещением за пределами клетки и производство будет сокращено.

Соединения шлангов в горизонтальном положении сухого элемента требуют только того, чтобы позиционирование выходного шланга ННО осуществлялось также всегда в восходящем положении без подъемов и спусков. Если это произойдет, газ ННО будет иметь проблемы с перемещением в резервуар для воды, а также будет выпущен глотки, снижающие эффективность система. Вы можете проверить эту проблему, если колебания силы тока в вашей системе очень высоки. Пожалуйста, обратитесь к иллюстрации ниже для типичной установки шлангов, идущих и выходящих из водяного бака.



Рисунок 3.10 - Размещение воды и шлангов ННО



Рисунок 3.11 - Крепление шланга с помощью хомут



Рисунок 3.12 - Заполнение водой резервуар для воды

3.6 Точка впрыска ННО

Система управляется вакуумным всасыванием из воздухозаборника вашего автомобиля, который доставляет ННО непосредственно в камеру сгорания, смешивая ее с воздухом / топливом. Точка впрыска должна быть сделана сразу после коробки воздушного фильтра и, в современных автомобилях, после датчика MAF / MAP (датчик воздушного потока) перед Turbo. Никогда не делайте точку впрыска после Turbo или Intercooler, потому что давление не даст наилучших результатов с системой ННО.



Рисунок 3.13 - Точка впрыска ННО

Нужно будет снять воздуховод, чтобы не оставить остатков от сверления, которое вы собираетесь делать. Просверлите отверстие 8 мм рядом с впускным коллектором. Очистите стружку от сверла, вставьте фитинг высокого давления, используя клей или тефлоновую ленту, и затяните. Подсоедините шланг высокого давления.

3.7 Общая конфигурация установки генератора DC 2000 ННО

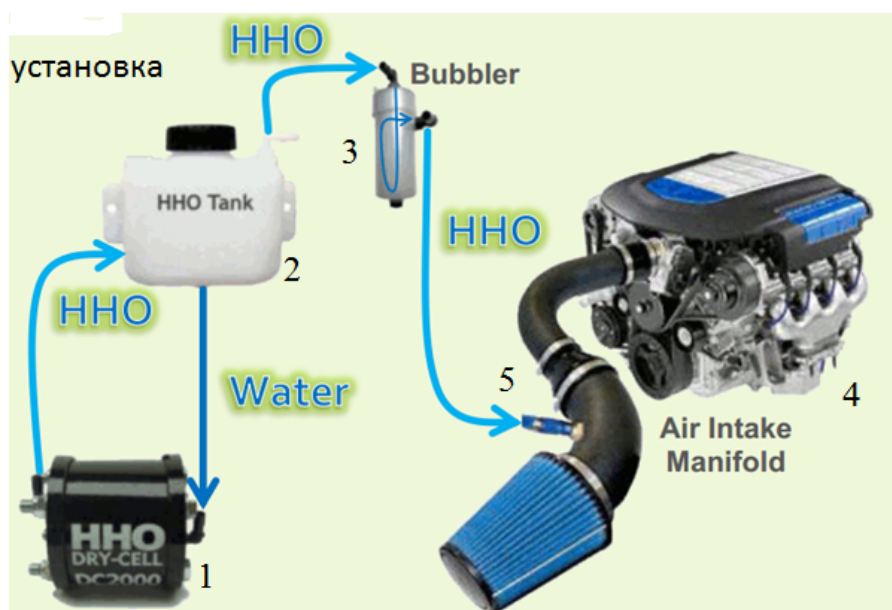


Рисунок 3.14 - Общая конфигурация

Материалы для связи

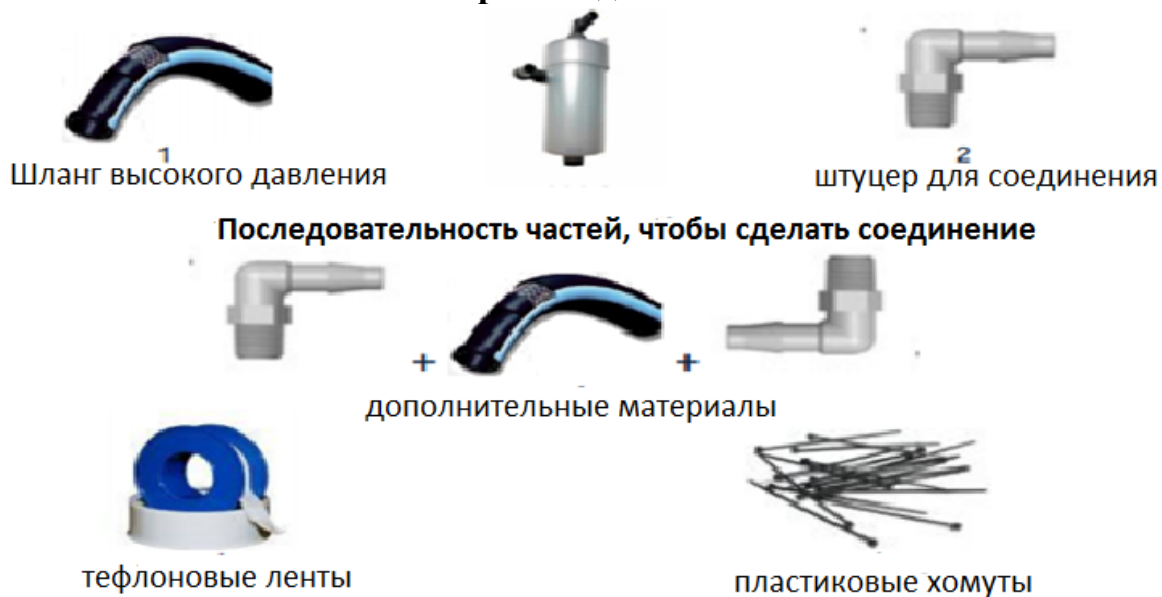


Рисунок 3.15 - Материалы для связи

4 Электрическая обвязка водородного генератора

Водородный генератор на авто в процессе работы увеличивает свою производительность. Это связано с выделением тепла при реакции электролиза. Рабочая жидкость реактора испытывает нагрев, и процесс протекает гораздо интенсивнее.

Для контроля над течением реакции используют регулятор тока.

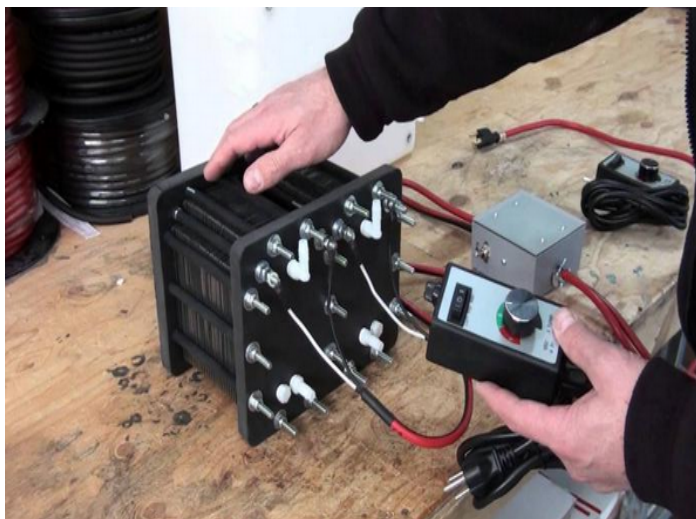
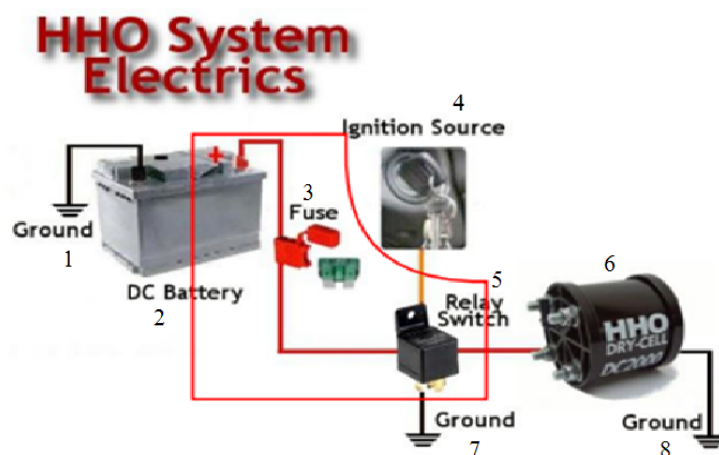


Рисунок 4.1 - Регулятор тока

Если не понижать его, может произойти просто закипание воды, и реактор перестанет выдавать газ Брауна. Специальный контролер, регулирующий работу реактора, позволяет изменять производительность с увеличением оборотов [27].

Система электрики ННО



1,7,8-земля; 2-DC аккумулятор; 3-предохранитель; 4-источник воспламенения; 5-переключатель реле; 6-водородный генератор

Рисунок 4.2 - Общая конфигурация системы

Материалы для обеспечения соединения



Рисунок 4.3 - Материалы для обеспечения соединения

Снимки электрического соединения от машины Daewoo Matiz



Рисунок 4.4 - Снимки электрического соединения

5 Экспериментальные результаты и анализ

5.1 Работа двигателя

Сравнивая газ ННО с коммерческим бензиновым топливом, отмечаем, что ННО чрезвычайно эффективен с точки зрения топливной химической структуры.

Водород и кислород существуют в ННО как два атома на горючую единицу с независимыми кластерами, в то время как бензиновое топливо состоит из тысяч крупных молекул углеводородов.

Эта диатомическая конфигурация ННО-газа (H_2 и O_2) приводит к эффективному сжиганию, поскольку атомы водорода и кислорода взаимодействуют непосредственно без каких-либо задержек распространения воспламенения из-за времени прохождения поверхности реакции.

При воспламенении его фронт пламени вспыхивает и отвысокой температуры стенки цилиндра с гораздо большей скоростью, чем при обычном сгорании бензина/воздуха.

Выделенная теплота ННО способствовала разрушению связей молекул бензина и, следовательно, увеличению скорости реакции и скорости пламени, что приводит к увеличению эффективности сгорания.

Также отмечается, что введение ННО-газа в смесь топливо/воздух оказывает положительное влияние на показатель октанового числа бензинового топлива.

Поэтому коэффициент сжатия двигателя может быть увеличен, и следовательно можно получить больший выигрыш в эффективности. Кроме того, можно было бы увеличить время зажигания, чтобы максимизировать крутящий момент двигателя без детонации [6].

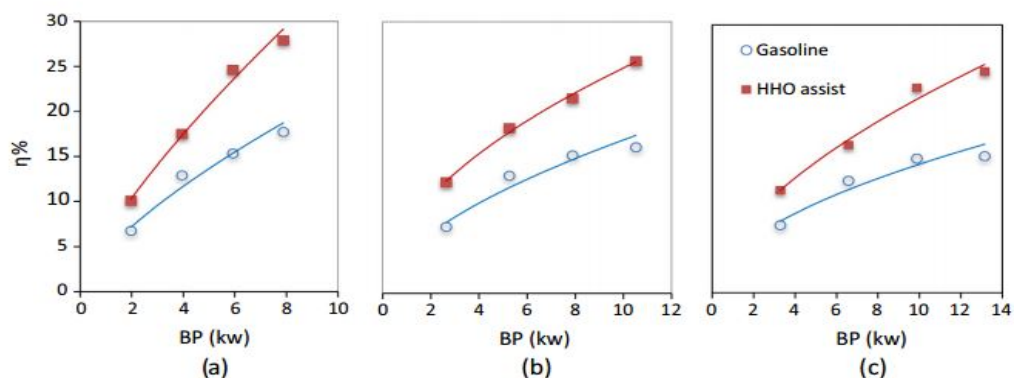
5.2 Экспериментальные данные на ДВС с генератором

Выброс CO сильно зависит от соотношения топлива и воздуха двигателя, поэтому использование смеси ННО-газа значительно снижает присутствие окиси углерода в выхлопе из-за снижения расхода топлива бензина.

Вольтметр и амперметр были откалиброваны в электрической лаборатории, а динамометр был откалиброван в лаборатория внутреннего сгорания Александрийского университета.

Было установлено, что ошибка составляет менее 1%. Анализ ошибок, который приведена ниже, показывает неопределенность измеренных данных [6].

Некоторые результаты испытаний приведены на рисунке 5.1.



а - 1500 об / мин; б - 2000 об / мин; в - 2500 об / мин

Рисунок 5.1 - Общее улучшение тепловой эффективности с ННО над чистым бензиновым топливом при разных скоростях двигателя

Эти эксперименты проводились на двигателе Skoda Felicia, характеристики которого приведены в таблице 5.1; испытания проводились при частотах вращения 1500, 2000 и 2500 об / мин с различными нагрузками. Различные параметры двигателя измеряются на испытательной установке, которая показана на Рисунке 5.2.

Нагрузка двигателя измерялась гидравлическим динамометром Froude (2), частотой вращения двигателя и расходом воздуха с помощью диагностических систем Vag-Com (VCDS) (3), двигателя расход топлива измеряется самонастраивающимся наклонным манометром (4) и выхлопом двигателя с помощью анализатора отработавших газов модели TE488 (5).

Тестирование проводится для взятого двигателя, работающего на бензине, в качестве основного топлива без использования ячейки ННО и с использованием ячейки ННО, подключенной к впускному коллектору. На этом двигателе был выполнен тест на постоянной скорости при переменной нагрузке.

Двигатель проверен, и измеренные данные собираются на одинаковые условия работы как для ННО / бензина, так и для бензинового топлива. Для обеспечения безопасности система генерации ННО подключается к впускному коллектору двигателя через два разрядника, которые закрывают бензиновый двигатель в случае обратного хода впускного коллектора [6].

Таблица 5.1 – Характеристика двигателя

Модель двигателя	Skoda Felicia 1.3 GLXi 1.3 L (1289 см ³)
Тип двигателя	встроенный, 4-цилиндровый
Топливная система	Многоточечный впрыск топлива
Коэффициент сжатия	9.7:1
Максимум. мощность	67,66 HP 5500 об / мин
Максимум крутящий момент	102 Нм при 3750 об / мин

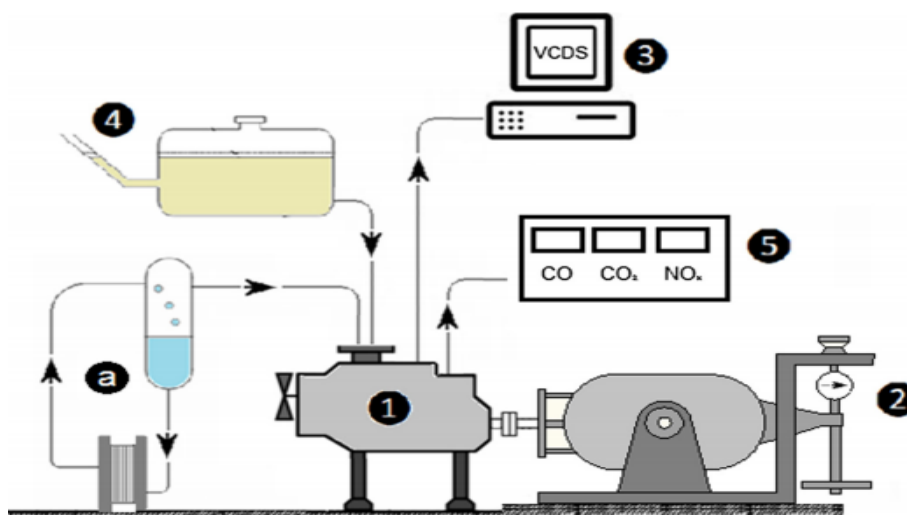


Рисунок 5.2 - Принципиальная схема испытательного стенда

5.3 Влияние ННО на автомобиль Ford Laser (1989)

Для исследования использовался 1,5-литровый четырехцилиндровый двигатель с искровым зажиганием на автомобиле Ford Laser 1989 года. Этот автомобиль в настоящее время работает на дороге и, следовательно, дает представительные технические характеристики. Небольшие изменения были внесены, чтобы приспособить испытательное оборудование и процедуры. Более подробная спецификация автомобиля приведена в Таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Характеристика двигателя Ford Laser

Модель двигателя	Ford Laser, 1989 (1490 см ³)
Тип двигателя	4-цилиндровый
Топливная система	Многоточечный впрыск топлива
Коэффициент сжатия	9.0:1
Максимум. мощность	56,6 НР 5500 об / мин
Максимумкрутящий момент	117 Нм при 3000 об / мин

Мощность автомобиля измерялась с помощью дорожного динамометра.

Мощность указана как доля максимальной нагрузки динамометра. Выбросы выхлопных газов измерялись с помощью автомобильного газоанализатора Nextech NGA 6000. Температура выхлопных газов и температура окружающей среды контролировались с помощью термопар типа К. Термопара, используемая для измерения температуры выхлопных газов, была вставлена в выпускной коллектор, чтобы она не касалась боковых стенок выхлопных газов.

Во время испытания использовалась система подачи самотечного

топлива с градуированным топливным баком собственного производства. Расход топлива считывался из градуированного резервуара за указанный промежуток времени.

Воздушно-топливное отношение двигателя было откалибровано при нагрузке 30% до значения 14,7. Это было достигнуто путем регулировки поплавка карбюратора и отслеживания состава выхлопных газов.

Газогенератор ННО также контролировали без нагрузки и определяли соотношение между током и выходом газа. Затем это было реализовано в системе управления генератором во время экспериментов. Базовые характеристики двигателя были определены до полного тестирования. Испытания проводились на скоростях 1000, 2000, 2500, 3000 и 3500 об / мин.

Изменения в выбросах также отслеживались как функция процента ННО и нагрузки динамометра для различных оборотов двигателя.

На Рисунках 5.3 и 5.4 приведены некоторые результаты испытаний.

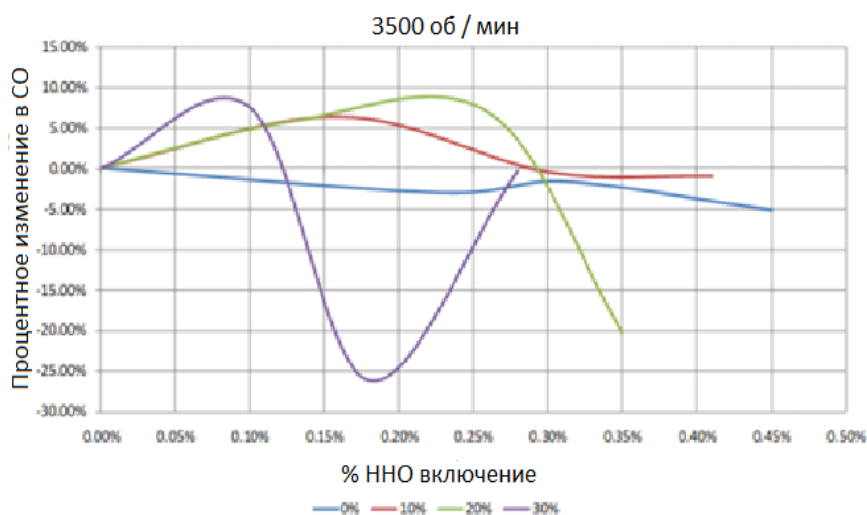


Рисунок 5.3 - Влияние ННО на выбросы СО

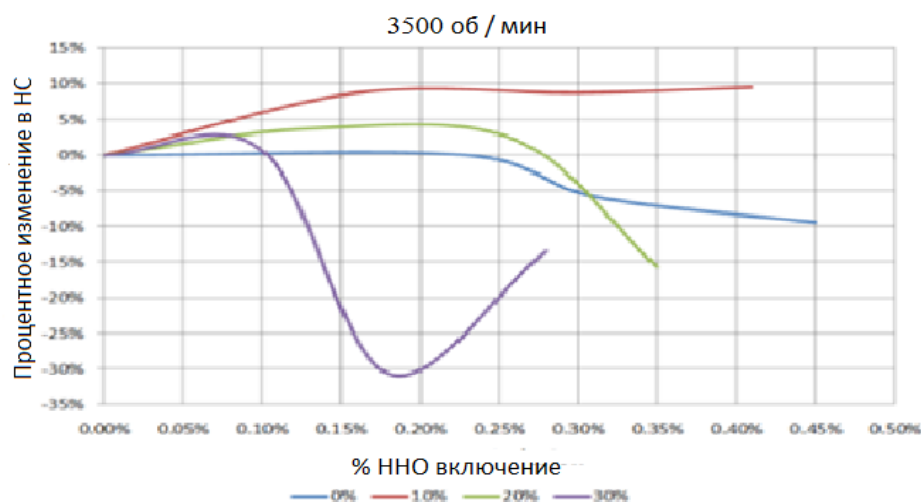


Рисунок 5.4 - Влияние ННО на выбросы НС

5.4 Результат натурные испытания на машине Ситроен -5

В КазНИТУ им. К.И. Сатпаева были проведены натурные испытания по исследованию влияния ННО-газа на выброс и производительность двигателяавтомобиля Ситроен -5, 2003 года выпуска, объем 2,0 л, инжектор. Была разработана новая конструкция ВГ (водородный генератор), необходимого для совместной работы с ДВС. Сгенерированный газ смешивался со свежим воздухом во впускном коллекторедвигателя [14]. Результаты испытания приведены в Таблице 5.2.

5.5 Результат натурные испытания на машине Daewoo Matiz

В КазНИТУ им. К.И. Сатпаева нами были проведены натурные испытания по исследованию влияния ННО-газа на выброс и производительность двигателяавтомобиля Daewoo Matiz, 2007 года выпуска, объем 0,8 л. Была разработана новая конструкция ВГ (водородный генератор), необходимого для совместной работы с ДВС. Сгенерированный газ смешивался со свежим воздухом во впускном коллекторедвигателя. Результаты испытания приведены в Таблице 5.3.

5.6 Сравнения выхлопных газов на машине Daewoo Matiz до и после эксперимента

Измерения выхлопных газов на машине Daewoo Matiz сделано с помощью устройства Газоанализатор 'Инфракар'. Мы измерили объемной доли оксида углерода (CO), диоксида углерода (CO₂) и углеводорода (HC) в выхлопных газах бензиновых двигателя у Daewoo Matiz.



Рисунок 5.5 - Газоанализатор Инфракар

Таблице 5.2 - Результат натурные испытания на машине Ситроен -5

Топливо, марка бензина	Расход топлива с водородом, л $G_{сВГ}$	Пробег автомобиля с ВГ, км	Расход топлива без водорода, л $G_{бВГ}$	Пробег автомобиля без ВГ, км	$t^{\circ}C$, окружающего воздуха	Груз в автомобиле, кг	Дата, время с ВГ	Дата, время без ВГ	Средняя скорость, км/час, с ВГ $V_{сВГ}$	Средняя скорость км/час, без ВГ $V_{бВГ}$	Относительная экономия топлива, $(G_{бВГ} - G_{сВГ})/G_{бВГ}$, %	Концентрация КОН в дистилляте, г/л
АИ-92 В городе	6,5	109	6,1	94	14	255	27.03.2018 начало: 10:13 конец: 11:30	27.03.2018 начало: 12:52 конец: 14:03	61,23	79,66	8,4	35
АИ-92 На трассе	4,2	103	7,45	103	16	255	07.04.2018 начало: 07:27 конец: 08:40	07.04.2018 начало: 10:20 конец: 11:35	84,43	82,4	43,6	50

Таблице 5.3 - Результат натурные испытания на машине Daewoo Matiz

Топливо, марка бензина	Расход топлива с водородом, л $G_{сВГ}$	Пробег автомобиля с ВГ, км	Расход топлива без водорода, л $G_{бВГ}$	Пробег автомобиля без ВГ, км	$t^{\circ}C$, окружающего воздуха	Груз в автомобиле, кг	Дата, время с ВГ	Дата, время без ВГ	Средняя скорость, км/час, с ВГ $V_{сВГ}$	Средняя скорость км/час, без ВГ $V_{бВГ}$	Относительная экономия топлива, ($G_{бВГ} - G_{сВГ}$)/ $G_{бВГ}$, %	Концентрация КОН в дистилляте, г/л
АИ-92 В городе	4	100	5	100	+28	160	26.05. 2019 начало: 10:10 конец: 11:50	21.05. 2019 начало: 12:50 конец: 14:25	40,21	40,51	20	20
АИ-92 На трассе	3.5	100	4.5	100	+31	160	01.06. 2019 начало: 07:01 конец: 09:30	31.05. 2019 начало: 10:25 конец: 11:45	90,56	90,32	22,2	20

Таблица 5.4 – Результат теста на выбросы только с бензином

Тип газа	нормальная скорость	высокая скорость
СО	0.05%	0.15%
НС	0.0012%	0.0033%
СО ₂	5.90%	6.95%
О ₂	15%	10%

Таблица 5.5 – Результаты испытаний на выбросы с добавлением ННО

Тип газа	нормальная скорость	высокая скорость
СО	0.03%	0.10%
НС	0.0011%	0.0028%
СО ₂	5.40%	6.63%
О ₂	14%	11%

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Объединение экспериментальные результаты разных автомашин в институте Египта, Турции и в Алматы.

2. Использование генератора водорода в бензиновом двигателе может увеличить эффективность двигателя и снизить расход топлива. Получен результат после натурные испытаний на машине Daewoo Matiz.

3. Из-за отсутствия современных экспериментальных устройств нам не удалось провести больше экспериментов с различными типами двигателей.

4. Использование генератора водорода не решит проблему загрязнения воздуха полностью. Я думаю, что наилучшим идеальным решением является использование 100-процентных автомобилей на водородном топливе. Правительства должны рассмотреть возможность производства более дешевых водородных транспортных средств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Брагинский О.Б. (2015). Альтернативные моторные топлива: мировые тенденции и выбор для России. *Российская химия*. — №6. — С. 137—147.
- 2 McQueeney, R. (2017.12.27). How much oil is left in the earth. Retrieved from <https://www.zacks.com/stock/news/287141/how-much-oil-is-left-in-the-earth>
- 3 Why car manufacturers favor electric car over hydrogen. (2017.06.22) Retrieved from https://www.huffingtonpost.com/entry/why-car-manufacturers-favor-electric-over-hydrogen_us_59496435e4b07e2395ce0ff1
- 4 Çoban, B. (2016.05.09). Hydrogen-fueled vehicles may not be available in 2027. Retrieved from <https://www.otopark.com/2016/05/2027de-hidrojen-yakitli-arac-kalmayabilir/>
- 5 Alfredas R, Mindaugas M, & Saugirdas P. (2017). Research of different amount HHO gas influence on the efficiency of compression ignition engine, operating on diesel fuel. *Mobile Machines International Scientific Conference*, September 20-22, 2017. Kaunas, Lithuania.
- 6 Mohamed, E., Yehia, E., Mohamed, E.K., & Kareem, I. K. (2015). Effect of hydroxy (HHO) gas addition on gasoline engine performance and emissions. *AEJ - Alexandria Engineering Journal* 55(1).
- 7 Kishore, K., Zeeshan, A., & Javed, R.I. (2016). Compatibility Issues of HHO Cell With Internal Combustion Engine. 4th International Conference on Energy, Environment and Sustainable Development, November 01-03, 2016. Mehran University of Engineering and Technology, Jamshoro, Pakistan. Available from: eesd.muett.edu.pk
- 8 Sudarmanta, B., Darsopuspito, S., & Sungkono, D. (2014). Influence of Bioethanol–Gasoline Blended Fuel on Performance and Emissions Characteristics from Port Injection Sinjai Engine 650 cc. *Journal of Applied Mechanics and Materials* Vol. 493, pp 273-280.
- 9 Shuofeng, W., Changwei, J., Bo, Z., & Xiaolong, L. (2012). Performance of a hydroxygen-blended gasoline engine at different hydrogen volume fractions in the hydroxygen. *International Journal of Hydrogen Energy* 37(17):13209-13218.
- 10 Changwei, J., & Shuofeng, W. (2009). Effect of hydrogen addition on combustion and emissions performance of a spark ignition gasoline engine at lean conditions. *International Journal of Hydrogen Energy* 34 (18).
- 11 Changwei, J., Shuofeng, W., & Bo, W. (2010). Effect of spark timing on the performance of a hybrid hydrogen–gasoline engine at lean conditions. *International Journal of Hydrogen Energy* 35(5) : 2203–2212.
- 12 Changwei, J., & Shuofeng, W. (2010). Experimental study on combustion and emissions performance of a hybrid hydrogen–gasoline engine at lean burn limits. *International Journal of Hydrogen Energy* 35(3):1453-1462.
- 13 Fadul, I.M, (2006). Using HHO Gas to Reduce Fuel Consumption and Emissions in Internal Combustion Engines (Master’s thesis). Retrieved from

<https://core.ac.uk/download/pdf/71676312.pdf>

14 Шалбаев К.К., Торгаев Р.А., Козбагаров Р.А., Чэнь Ц.(2018). Снижения расхода дизельного топлива и выбросов вредных веществ в двигателях внутреннего сгорания с применением генератора. Retrieved from <https://cloud.mail.ru/stock/gYW5APaRPDDcEPnmHNonkKp3>

15 Макаров Д., (2017). Как сделать водородный генератор своими руками. Retrieved from <https://www.asutpp.ru/opisanie-i-princip-raboty-vodorodnogo-generatora.html>.

16 Шалбаев К.К., Торгаев Р.А., Козбагаров Р.А., Чэнь Ц., (2018). Снижения расхода дизельного топлива и выбросов вредных веществ в двигателях внутреннего сгорания с применением генератора. Труды международной научно-практической конференции. ISBN 978-601-212-067-7 .

17 Steve W., (2008.04.18). Brown's Gas ("ННО") : Clean, Cheap, and Suppressed Energy. Retrieved from http://www.hho4free.com/browns_gas.html

18 Joel M. R., (2006). Hydrogen Properties. Retrieved from <http://chfcc.org/hydrogen-fuel-cells/about-hydrogen/hydrogen-properties/>

19 Обзор рынка водорода и оборудования для его производства в России (2018.04.12). http://www.infomine.ru/files/catalog/248/file_248_eng.pdf

20 Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/200002/international-car-sales-since-1990/>

21 Получение водорода. (2018.06.06). Retrieved from <https://metallurgy.zp.ua/poluchenie-vodoroda/>

22 Retrieved from <http://samodelkyn.su/index/0-165>

23 Hydrogen Production and Distribution. Retrieved from https://afdc.energy.gov/fuels/hydrogen_production.html

24 Chemical Hydrides. (2019.03.12). Retrieved from <https://www.fuelcellstore.com/blog-section/chemical-hydrides>

25 Christos M. K., & Angelos M. E., (2013). Hydrogen Production Technologies: Current State and Future Developments . Conference Papers in Energy Volume 2013, Article ID 690627

26 Salman Z., (2018). Overview of Biomass Pyrolysis. Retrieved from <https://www.bioenergyconsult.com/biomass-pyrolysis/>

27 Mostafa E.S., Shinji K., & Yukio H. (2019). Hydrogen Production Technologies Overview. Environmental and Renewable Energy Systems Division, Gifu University, Gifu City, Japan. Retrieved from <https://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=90227>

28 Retrieved from <http://car-avz.ru/glavnaya/posobie/1312-vodorodnye-generatory-dlya-avtomobilya-svoimi-rukami-chertezhi-skhemy-i-rukovodstvo>

29 Krishnan R., Hydrogen Generation from Irradiated Semiconductor-Liquid Interfaces. Retrieved from <http://www.uta.edu/cos/raj/pub/Rajms.pdf>

30 Т. Абай, М.Н. Аманбай, К.К. Шалбаев. (2019). Генератор водорода двигателей внутреннего сгорания для снижения расхода бензина и уменьшения вредных выбросов в окружающую среду. Вестник КазННТУ.

№1(131).

31 Шалбаев К.К. Канажанов А.Е. Абай Т. (2019). Пути уменьшения вредных выбросов в окружающую среду и снижения расхода топлива в авторефрижераторах. IX Международная Научно - Техническая Конференция «Казахстан – Холод 2019»

32 Turar Abai, Kalmanbet Shalbayev. Using hydrogen generator in internal combustion engines to reduce gasoline consumption and reduce harmful emissions into the environment. Confirmed in article Sigma. Turkey.

33 Т. Абай, К.К. Шалбаев. Генератор водорода двигателей внутреннего сгорания для снижения расхода бензина и уменьшения вредных выбросов в окружающую среду. Принята для печати в Монгольском Техническом Университете ШУТИС.

34 Daniel M. Madyira, Wayne G. Harding. (2014). Effect of HHO on Four Stroke Petrol Engine Performance. 9th South African Conference on Computational and Applied Mechanics.

ОТЗЫВ

отзыв научного руководителя Шалбаева К.К. на диссертационную работу А. Турар на тему «Использование генератора водорода в двигателях внутреннего сгорания для снижения расхода бензина и уменьшения вредных выбросов в окружающую среду»

Диссертация Абай Турар является законченной самостоятельной научно-исследовательской работой.

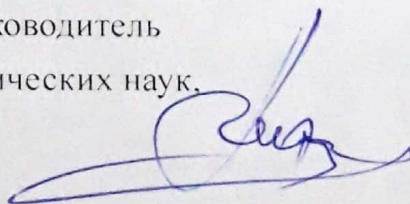
Целью диссертационной работы является определение снижение расхода бензина при использование газогенератора ННО в ДВС и исследовать изменение количества выбросов вредных газов в атмосферу NO_x , CO и HC газов при использовании ННО.

В диссертации выполнялись следующие виды работ:

- 1) Сбор информации о глобальных проблемах, связанных с автомобильной промышленностью;
- 2) Сбор информации об использовании водорода в двигателях внутреннего сгорания;
- 3) Установка гидравлических и механических компонентов ННО генератор на машине Daewoo Matiz (объем 0.8 л, 2007);
- 4) Проведение экспериментальных работ на Daewoo Matiz и получения результатов;

Уровень научной подготовки, о котором свидетельствует представленная к защите диссертационная работа, позволяет считать, что работа выполнена в полном объеме и диссертант Абай Турар заслуживает оценки «хорошо» с присуждением ему академической степени магистра технических наук по специальности 6М071300 – «Транспорт, транспортная техника и технология».

Научный руководитель
доктор технических наук,
профессор



Шалбаев К.К.

РЕЦЕНЗИЯ

на Магистерскую Диссертацию
(наименование вида работы)

Тоби Турар

(Ф.И.О. обучающегося)

6М071300 - Транспорт, транспортная техника и технологии
(шифр и наименование специальности)

На тему: Использование генератора в двигателе внутреннего сгорания для снижения расхода бензина и увеличения крутящего момента

Выполнено:

- а) графическая часть на _____ листах
б) пояснительная записка на _____ страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

По рецензируемой работе имеются следующие замечания:
1. Не все таблицы имеют нумерацию.

Оценка работы свидетельствует о том, что уровень научной подготовки автора, который позволяет считать, что Тоби Турар заслуживает оценки «хорошо» - 86% и присуждения ему академической степени магистра по специальности «6М071300 - «Транспорт, транспортная техника и технологии»»

Рецензент

К.Т.Н.С., Есеналиев М.Н.
(должность, уч. степень, звание)

М.Н.
(подпись)

Ф. И.О.

«31»

05

20... г.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
Начальник ОУП

[Подпись]



Отчет подобия



Университет:	Satbayev University
Название:	Использование генератора водорода в двигателях внутреннего сгорания для снижения расхода бензина и уменьшения вредных выбросов в окружающую среду
Автор:	Абай Турар
Координатор:	Калманбет Шалбаев
Дата отчета:	2019-05-30 14:43:50
Коэффициент подобия № 1:	5,6%
Коэффициент подобия № 2:	4,2%
Длина фразы для коэффициента подобия № 2:	25
Количество слов:	6 136
Число знаков:	46 326
Адреса пропущенные при проверке:	
Количество завершенных проверок:	98

! К вашему сведению, некоторые слова в этом документе содержат буквы из других алфавитов. Возможно - это попытка скрыть позаимствованный текст. Документ был проверен путем замещения этих букв латинским эквивалентом. Пожалуйста, уделите особое внимание этим частям отчета. Они выделены соответственно. Количество выделенных слов 5

- Самые длинные фрагменты, определенные, как подобные
- Документы, содержащие подобные фрагменты: Из домашней базы данных
- Документы, содержащие подобные фрагменты: Из внешних баз данных
- Документы, содержащие подобные фрагменты: Из интернета

Детали отчета подобия

- Фрагменты, найденные в документах базы данных отмечены красным цветом.
- Фрагменты, найденные в интернете отмечены в зелени .
- Фрагменты, найденные в базе данных Юридических актов отмечены синим фоном .

ГЛАВА ПЕРВАЯ

1 Введение

В науке в последние годы множество работ посвящено к поиску альтернативных источников энергии. Причиной этого я послужило нефть, газ и уголь но известно, что уже является невозобновимым. Одно из доказательств было сделано в 2014 году «ВР» в День мировой энергии «ВР» заявила, что в 2025 году ископаемое топливо иссякнет.