

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Сәтбаев университеті

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра «Технологические машины, транспорта и логистики»

УДК 62-622

На правах рукописи

Болатов Саламат Мұратұлы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации Разработка и испытание новой конструкции водородного генератора (ВГ) для двигателей внутреннего сгорания с целью снижения расхода топлива и уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу

Направление подготовки 7М07108 – «Технология и автоматизация транспорта и транспортных систем»

Научный руководитель, д.т.н.,
ассоциированный профессор

 Шалбаев К.К.

«17» 06 2021 г.

Рецензент, к.т.н. доцент,

 Есенғалиев М.Н.

«18» 06 2021 г.

Нормоконтролер,
к.т.н., доцент

 Козбагаров Р.А.

«18» 06 2021 г.



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
кандидат технических наук

 К.К. Елемесов

«18» 06 2021 г.

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Сәтбаев университеті

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра «Технологические машины, транспорта и логистики»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой,
кандидат технических наук
К.К. Елемесов
«___» _____ 2019г.

ЗАДАНИЕ

На выполнение магистерской диссертации

Магистранту *Болатову Саламат Мұратұлы*

Тема: Разработка и испытание новой конструкции Водородного Генератора (ВГ) для двигателей внутреннего сгорания с целью снижения расхода топлива и уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу.

Утверждена приказом по университету № 435-м от «03» декабря 2019г.

Срок сдачи законченной диссертации: 15.06.2021 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: В последние годы автомобильная промышленность в мире развивается быстрыми темпами. С другой стороны, недостаточно производства нефтепродуктов и все более серьезное загрязнение окружающей среды, вызванное выбросами автомобильных выхлопов работающие на жидком топливе, которые создают серьезные проблемы для дальнейшего развития автомобильной промышленности. Водород, как альтернативное моторное топливо, имеет свои уникальные преимущества в улучшении экономии топлива и сокращении выбросов вредных веществ двигателя. Производство двигателя на базе жидкого топлива с добавлением водорода в топливную смесь является важным направлением исследований, которые являются альтернативным видом топлива.

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

а) Сборка генератора водорода;

б) Подключение источника питания постоянного тока;

в) Расхода топлива водородного генератора в городских и пригородных районах;

г) Измерение компонентов выхлопа автомобиля;

д) Заключение;

е) Список использованной литературы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): Магистерская диссертация выполнена на 59 страницах и представлена на 19 слайдах.

Рекомендуемая литература

1. Шалбаев К.К., Торгаев Р.А., Козбагаров Р.А. «Снижения расхода дизельного топлива и выбросов вредных веществ в двигателях внутреннего сгорания с применением генератора водорода», национальная академия наук машиностроения и транспорта Республики Казахстан, выпуск 2018. С. 62-65.

2. Senthi Kumar M , Ramesh A, Nagalingam B . Use of hydrogen to enhance the performance of a vegetable oil fueled compression ignition engine. International Journal of Hydrogen Energy, 2003,28:1143-1154.

3. Naber J D,Sieberg D L .Hydrogen combustion under dieselengine conditions[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 1998 , 23 (5) :363-371.

4. Hou Lingyun , Fu Weibiao . Study on the mechanism of saving fuel consumption for emulsified fuel with wall catalytic reforming reaction. Combustion Science and Technology, 2005, 177(4):671-689

5. https://www.syl.ru/article/193464/new_vodorodnyie-generatoryi-dlya-avtomobilya-svoimi-rukami-cherteji-shemyi-i-rukovodstvo

6. ННО Hydrogen on Demand Dual Fuel Generator Systems, E:info@hhoplusgas.com

7. Цуй Керун, Гао Сяохун, Тимошевский Б.Г. и др. Исследование гидрирования дизельного топлива для снижения расхода топлива. Журнал Уханьского института инженеров водного транспорта, 1992, 16 (3): 253-259

8. <https://max.book118.com/html/2015/0703/20310199.shtm>

9. Чжан Бо, Фу Вейбяо, «Влияние водорода на потребление дизельного топлива», «Наука и техника горения», том 12, выпуск 3, 2006,03

10. Hyundai Santa Fe руководство пользователя

11. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидроксид_калия.](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидроксид_калия)

АННОТАЦИЯ

В магистерской диссертации рассматривается автомобиль Hyundai Santa Fe, 2007 года с дизельным двигателем. На котором был установлен водородный генератор и после проводились натурные эксперименты для определения снижения расхода топлива и уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу. Для получения водорода используется метод электролиза воды.

Натурные экспериментальные результаты показывают, что при добавлении концентрации (35 - 50 г/л) гидроксида калия KOH, расход топлива может быть снижен до 33,6 %, а выброс загрязняющих веществ отработавших газов может быть уменьшен: окись углерода CO на 5 раза, углеводород CH 7 раза, двуокись углерода CO₂ не значительно увеличится.

Таким образом, добавление водорода в двигатель внутреннего сгорания может снизить расход топлива и уменьшить выбросы выхлопных газов автомобилей.

АНДАТПА

Магистрлік диссертацияда 2007 жылғы дизельді қозғалтқышты Hyundai Santa Fe автомобилі қарастырылады. Оған сутегі генераторын орнатып, содан кейін отын шығынын және атмосфераға зиянды заттардың қалдықтарын шығарылуын азайтуын зерттеу үшін натурды эксперименттер жүргізілді. Сутекті алу үшін суды электролиздеу әдісі қолданылады.

Натурды эксперименттік нәтижелер KOH калий гидроксидінің концентрациясы (35 - 50 г/л) қосылған кезде отын шығыны төмендеуі мүмкін 33,6%-ға дейін және пайдаланылған газдарды ластаушы заттардың шығарылуы төмендеуі мүмкін: CO көміртегі тотығы 5 есе, CH көмірсутегі 7 есе, CO₂ көміртегі диоксиді айтарлықтай өспейді.

Осылайша, іштен жану қозғалтқышына сутекті қосу отын шығынын азайтып, автомобильдердің атмосфераға зиянды заттар қалдықтарын шығарындыларын азайтады.

ANNOTATION

The master's thesis examines the car Hyundai Santa Fe, 2007, with a diesel engine. On which a hydrogen generator was installed and then field experiments were conducted to determine the reduction of fuel consumption and reduce emissions of harmful substances into the atmosphere. To produce hydrogen, the method of water electrolysis is used.

Full-scale experimental results show that by adding a concentration (35-50 g /l) of potassium hydroxide KOH, fuel consumption can be reduced (up to 33.6 %), and the emission of exhaust pollutants can be reduced: carbon monoxide CO by 5 times, hydrocarbon CH by 7 times, carbon dioxide CO₂ will not significantly increase.

Thus, adding hydrogen to the internal combustion engine can reduce fuel consumption and reduce vehicle exhaust emissions.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Современные исследования двигателей внутреннего сгорания на дизельном топливе с водородом	7
2 Анализ экспериментальных исследований других авторов двигателей внутреннего сгорания на дизельном топливе	10
2.1 Экспериментальные исследования на двигателе модели 2135	10
2.2 Экспериментальные исследования на двигателе модели ZS1100.....	15
2.2.1. Экспериментальная установка	15
2.2.2 Экспериментальные результаты и анализ	17
2.2.3 Выбросы окись азота NO_x	33
2.2.4 Выбросы окись углерода CO	35
2.2.5 Выбросы углеводорода CH	37
2.2.6 Выбросы двуокись углерода CO_2	37
3 Применение водорода в ДВС на автомобиле Hyundai Santa Fe	40
3.1 Физические свойства водорода	40
3.2 Способы получения водорода	40
3.3. Установка механических компонентов	41
3.3.1 Установка генератора ННО	41
3.3.2 Общая конфигурация системы.....	43
3.3.3 Установка осушителя, ННО шлангов	43
3.3.4 Точка впрыска ННО	44
3.4 Установка электрических компонентов	45
3.4.1 Общая конфигурация системы.....	45
3.4.2 Установка электрических соединений контактов ННО	45
3.4.3 Электролитические установки	46
3.4.4 Уровень воды в баке	46
3.4.5 Выбор электролита	47
3.5 Общие данные автомобиля Hyundai Santa Fe	50
3.5.1 Протокол проведение натурных испытаний автомобиля с применением водородного генератора	51
3.5.2 Сравнение выхлопных газов	52
3.5.3 Очистка генератора водорода. (КОН)	53
Заключение	55
Список использованной литературы	56

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В последние годы автомобильная промышленность в мире развивается быстрыми темпами. С другой стороны, недостаточно производство нефтепродуктов и все более серьезное загрязнение окружающей среды, вызванное выбросами автомобильных выхлопов, создаёт серьезные проблемы для дальнейшего развития автомобильной промышленности. Водород, как альтернативное моторное топливо, имеет свои уникальные преимущества в улучшении экономии топлива и сокращении выбросов вредных веществ двигателя. Производство двигателя на базе дизельного топлива с добавлением водорода в топливную смесь является важным направлением исследований, которые являются альтернативным видом топлива.

Цель: Снижения расхода дизельного топлива и уменьшение вредных выбросов в окружающую среду.

Научная новизна: В эксперименте используется генератор водорода ННО в ДВС с дизельным топливом. Изменение концентрации электролита с КОН.

Задачи исследования:

1. Сборка генератора водорода;
2. Подключение источника питания постоянного тока (аккумулятор);
3. Расчёт расхода топлива водородного генератора в городских и пригородных районах;
4. Измерение компонентов выхлопа автомобиля.

1 Современные исследования двигателей внутренних сгорания на дизельном топливе с водородом

Так как температура горения (возгорание - 585°C , температура пламени - 2045°C) водорода выше, чем у дизельного топлива (возгорание - 250°C) и чтобы уменьшить выбросы углеводородов и CO, добавляют небольшое количество водорода к дизельному топливу в качестве активатора, что может улучшить процесс горения дизельного топлива и повысить эффективность двигателя. Из-за малого потребления водорода стоимость его низкая, что делает транспорт и хранение относительно легким и дешевым. Экспериментальные результаты показали, что добавление небольшого количества водорода к дизельному топливу снижает потребление дизельного топлива на 20% - 30% [1]. Исследования показывают, что дизель-водородные гибридные двигатели имеют высокую термическую эффективность и низкие вредные выбросы при высоких коэффициентах сжатия [2].

Начнем с того, что идеи построить водородный мотор появились еще в 1806 г. Основателем, стал Франсуа Исаак де Риваз, который получал водород из воды методом электролиза. Как видно, двигатель на водороде «родился» задолго до того, как был поднят ряд вопросов касательно окружающей среды и токсичности выхлопа. Другими словами, попытки запустить ДВС на водороде были предприняты не для защиты окружающей среды, а в целях банального использования водорода в качестве топлива. Спустя несколько десятков лет был выдан первый патент на такой двигатель, в 1852 г. в Германии появился агрегат, который успешно работал на смеси воздуха и водорода. Во времена Второй мировой войны, когда возникли сложности с поставками нефтяного топлива, техник из СССР Борис Исаакович Шелищ, который был родом из Украины, заложил основы российской водородной энергетики. Он также предложил использовать смесь водорода и воздуха в качестве горючего для ДВС, после чего его идеи быстро нашли практическое применение. В результате появилось около полутысячи двигателей, работавших на водороде.

Другие автопроизводители также начали работы в этой области, в результате чего к концу XX века появилось не только много прототипов, но и вполне успешно действующих образцов двигателей на водородном топливе (бензиновый и дизельный двигатель на водороде).

Сотрудники Университета Чжэцзян, Университета Тяньцзинь, Университета науки Хуажжун и другие в КНР, испытывая двигатель на водороде / бензин, на природном газе и достигли хороших результатов. Ученые Университета Тяньцзинь изучили, когда номинальная скорость 1400 об/мин, вращающий момент 60 Н·м, 100 Н·м, 160 Н·м. Было обнаружено, что с увеличением доли водорода выбросы HC, CO И NO_x постоянно меняются [3] (как рисунки 1.1, 1.2, 1.3).

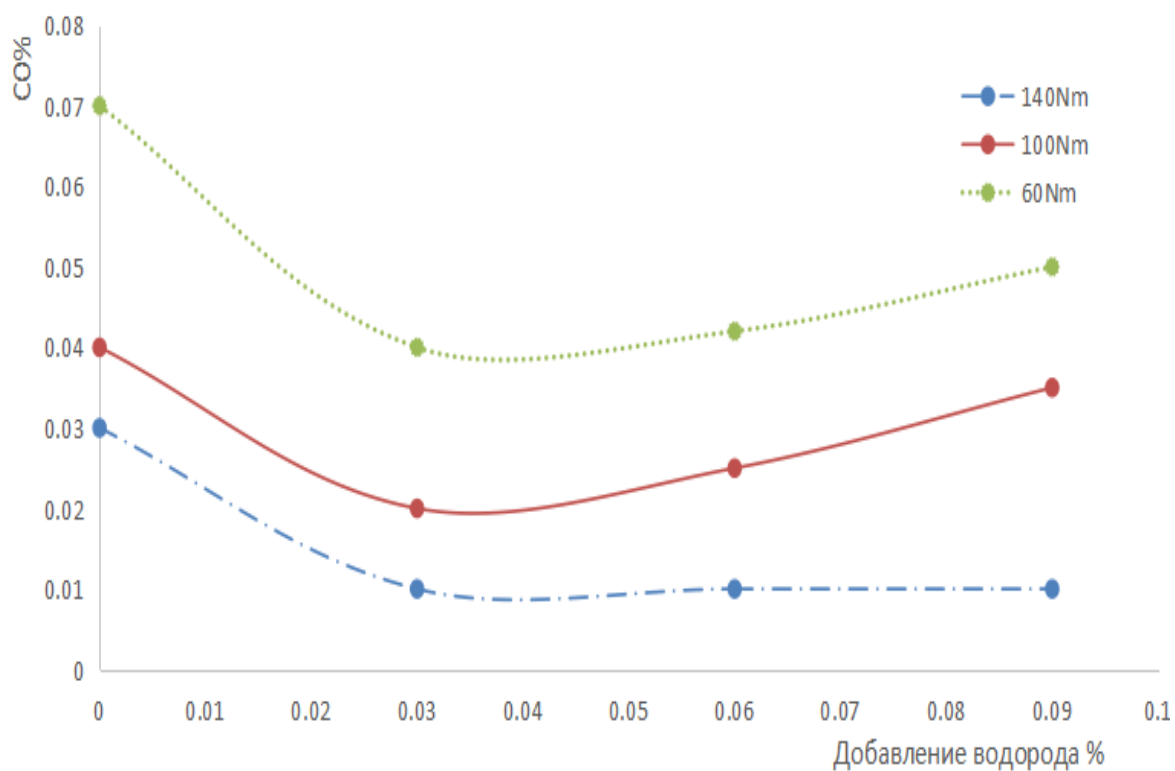


Рисунок 1.1 - Кривая СО

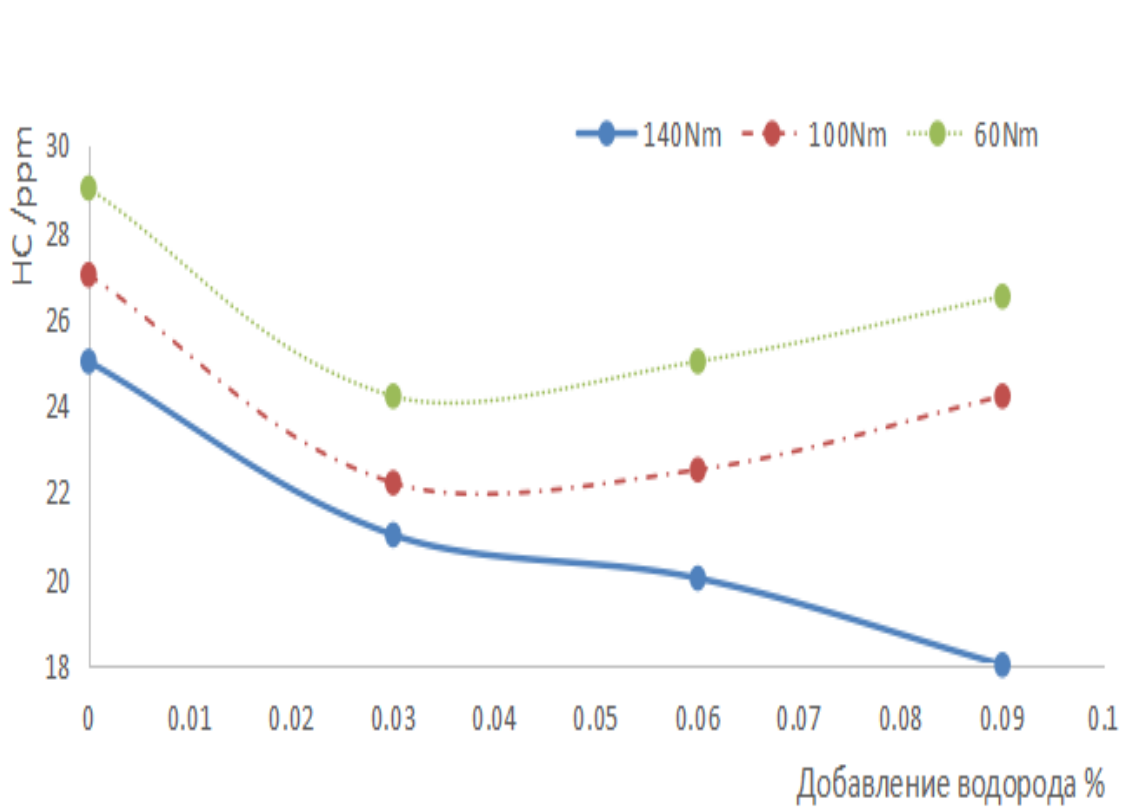


Рисунок 1.2 - Кривая HC

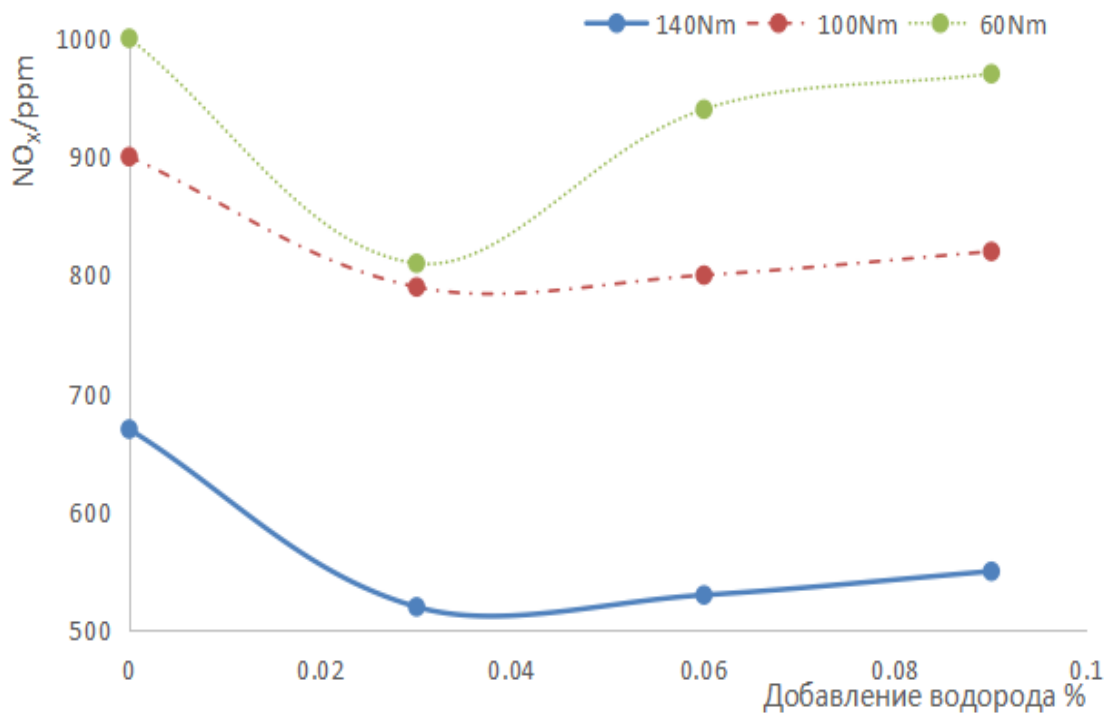


Рисунок 1.3 - Кривая NO_x

В исследовании было обнаружено, что по сравнению с чистым дизельным двигателем, водород/дизельное топливо значительно снижает выбросы в виде частиц и NO_x при низкой нагрузке, но при высоких нагрузках выбросы NO_x в водород/дизельное топливо двигателях возрастают, а выбросы углеводородов и СО снижаются. (ppm-концентрация газа).

2 Анализ экспериментальных исследований других авторов двигателей внутреннего сгорания на дизельном топливе

Добавление небольшого количество водорода в дизельное топливо двигателя (соотношение водорода и топлива, как правило, от 0.1% до 2%) в качестве активатора, может улучшить процесс сгорания дизельного топлива в двигателе, и повышает его эффективность. Эта технология также может быть использована для рефрижераторов с быстрой доставкой [4] и современных авторефрижераторов [5]. Гидрирование – это процесс превращения органических соединений под действием молекулярного водород.

2.1 Экспериментальные исследования на двигателе модели 2135

Добавление небольшого количество водорода в дизельное топливо двигателя (соотношение водорода и топлива, как правило, от 0,1% до 2%) в качестве активатора, может улучшить процесс сгорания дизельного топлива в двигателе, и повышает его эффективность.

Гидрирование – это процесс превращения органических соединений под действием молекулярного водорода. Для изучения влияния гидрирования на потребление дизельного топлива были проведены экспериментальные исследования на двигателе модели 2135 в лаборатории. В лабораторных условиях для испытания выбран двигатель четырехтактный, двухцилиндровый, высокоскоростной дизельный двигатель модели 2135 [6]. Основные параметры и результаты испытаний в таблице 2.1, 2.2.

Таблица 2.1 - Основные параметры испытательного дизельного двигателя

Тип	2135
Количество цилиндров	2
Диаметр цилиндра	135 мм
Поршневой ход	140 мм
Дизельное смещение	4.01 Л
Номинальная мощность	29.4 кВт
Номинальная скорость	1500 об/мин

Показатели оценки с использованием общего расхода топлива и общей тепловой эффективности в формуле (1):

$$b = b_d + 2.84b_t(g/kw \cdot h) \quad (1)$$

Таблица 2.2 - Результаты испытаний дизельного двигателя модели 2135

Мощность (кВт)	Процент загрузки (%)	Соотношение масс водорода (%)	Расход дизельного топлива			Общий расход топлива			Тепловая эффективность	
			bd (g/kw·h)	Δ bd (g/kw·h)	Δ d (%)	b (g/kw·h)	Δ b (g/kw·h)	Δ (%)	η_{net} (%)	$\Delta\eta_{net}$ (%)
28	95	0	244.0			244.0			34.5	
		1	232.0	12.0	4.9	238.9	5.1	2.1	35.3	0.8
		2	227.0	17.0	7.0	240.8	3.2	1.3	35.0	0.5
22	75	0	252.4			252.4			33.4	
		1	240.0	12.4	4.9	247.1	5.3	2.1	34.1	0.7
		2	236.0	16.4	6.5	250.2	2.2	0.8	33.7	0.3
14.7	51	0	283.0			283.0			29.8	
		1	271.0	12.0	4.2	278.1	4.9	1.7	30.3	0.5
		2	264.5	18.5	6.5	281.4	1.6	0.6	30.0	0.2
8.3	28	0	380.0			380.0			22.2	
		1	355.0	25.0	7.0	365.8	14.2	3.9	23.0	0.8
		2	351.1	28.9	7.6	372.7	7.3	1.9	22.6	0.4

$$\eta_{et} = \frac{84.3}{b} \times 100\%$$

где b_d - Расход дизельного топлива, г/кВт·ч

b_t - Расход водорода, г/кВт·ч

△ - Процентное снижение общего расхода топлива после добавления водорода

На рисунке 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 показано сравнение потребления дизельного топлива, общее сравнение расхода топлива, расход дизельного топлива и общий расход топлива, тепловая эффективность, разница тепловой эффективности.

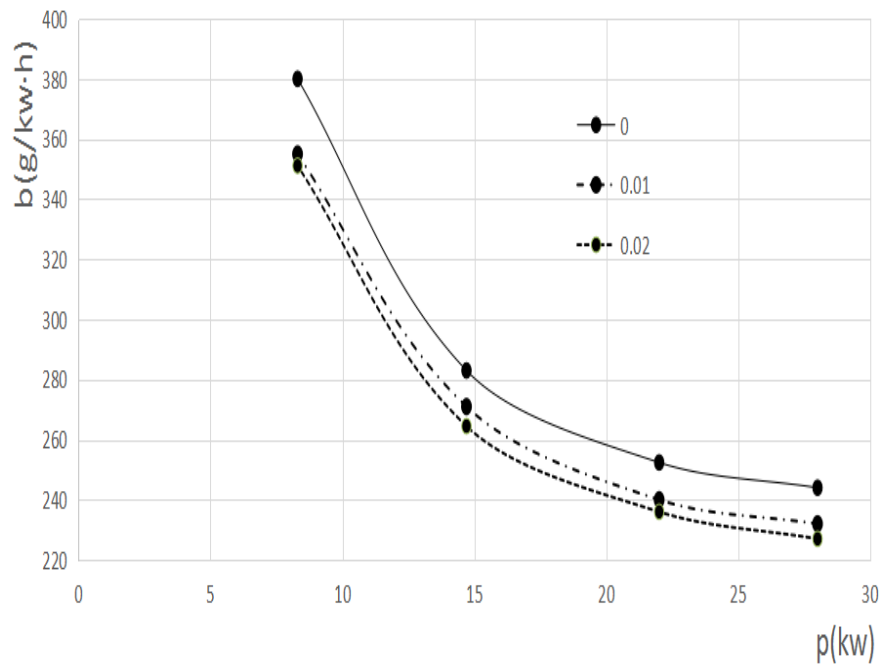


Рисунок 2.1 - Сравнение потребления дизельного топлива

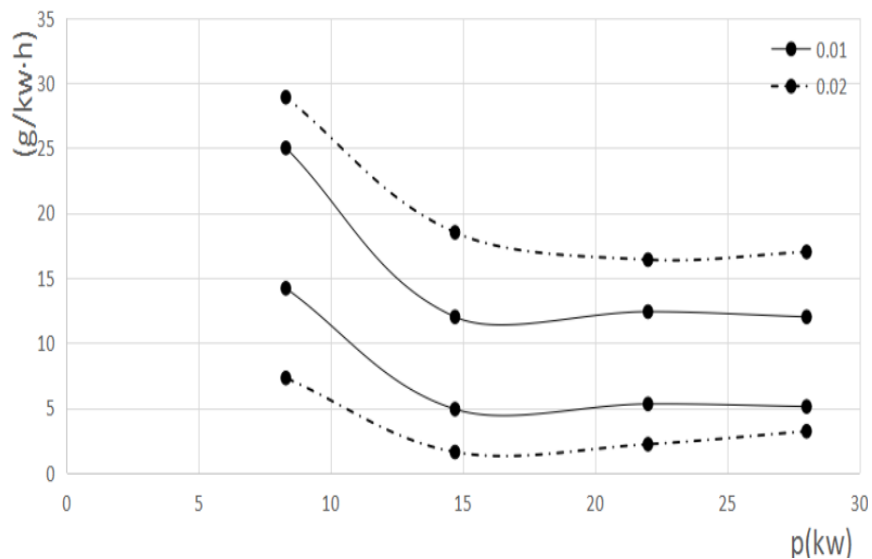


Рисунок 2.2 - Общее сравнение расхода топлива

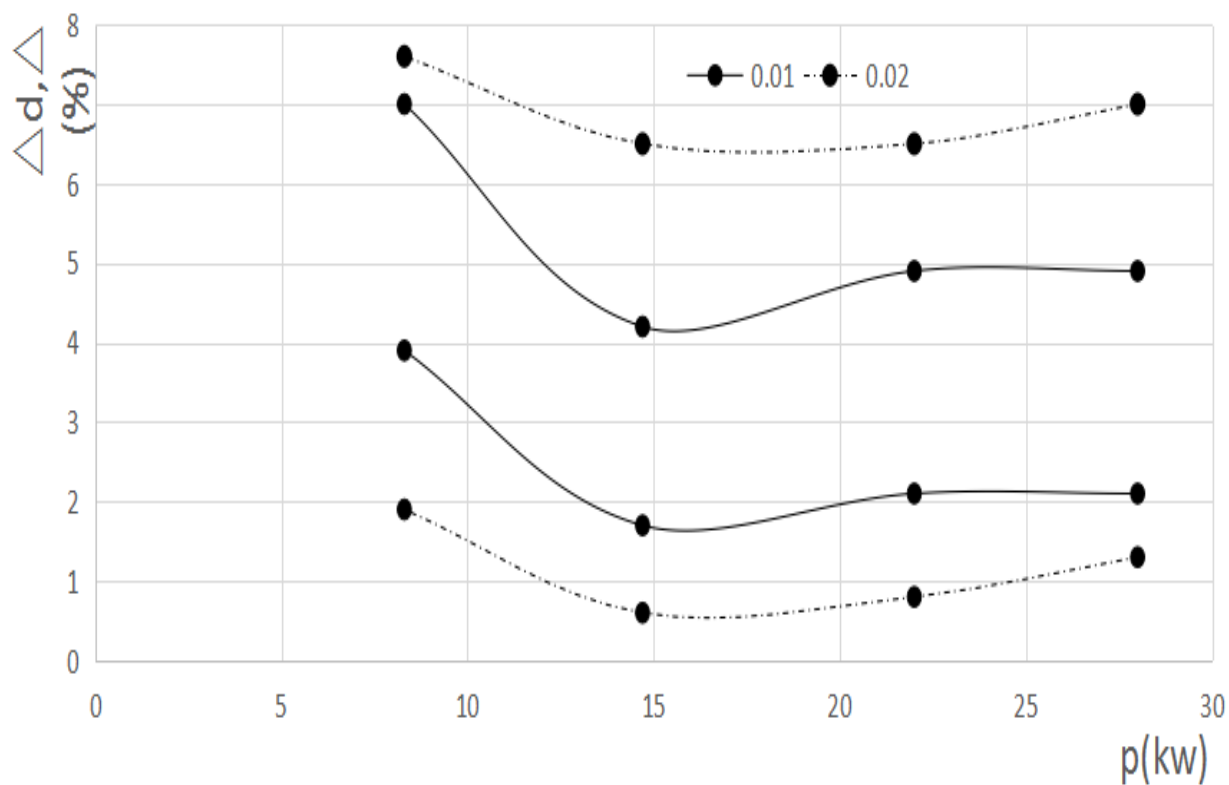


Рисунок 2.3 - Расход дизельного топлива и общий расход топлива

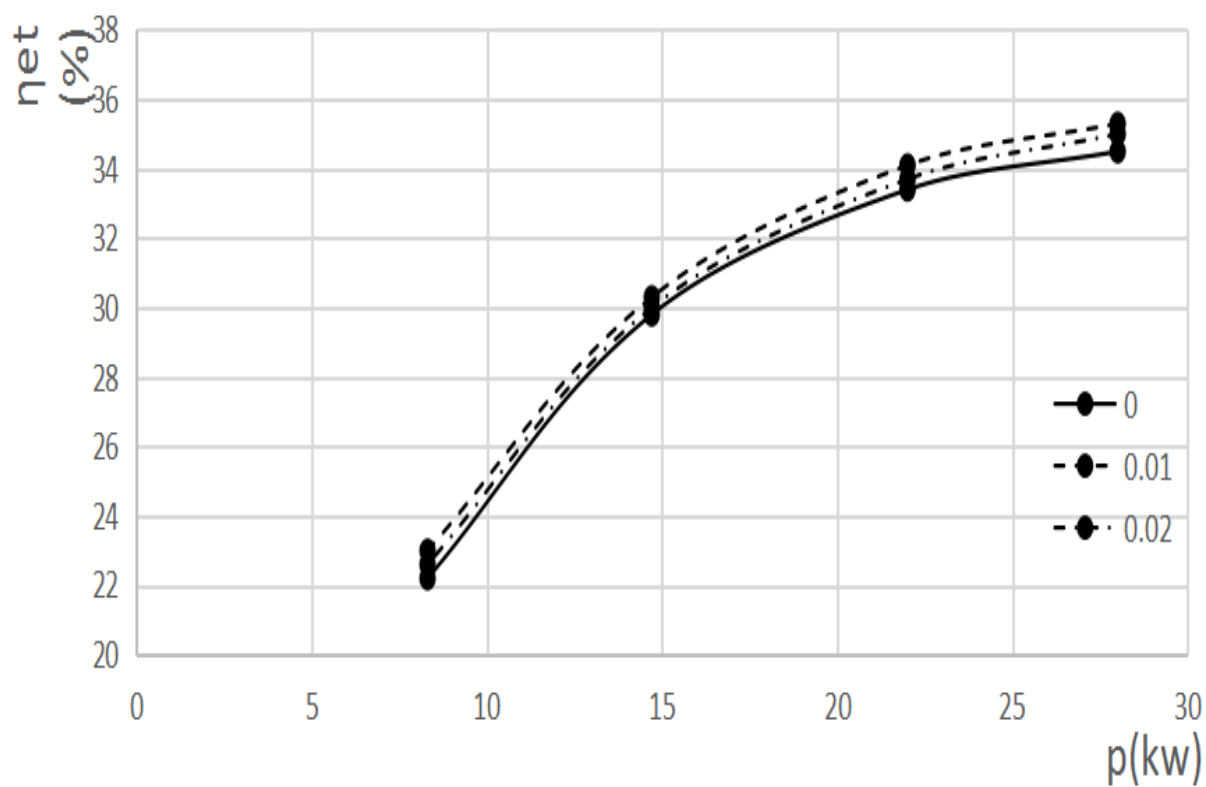


Рисунок 2.4 – Тепловая эффективность

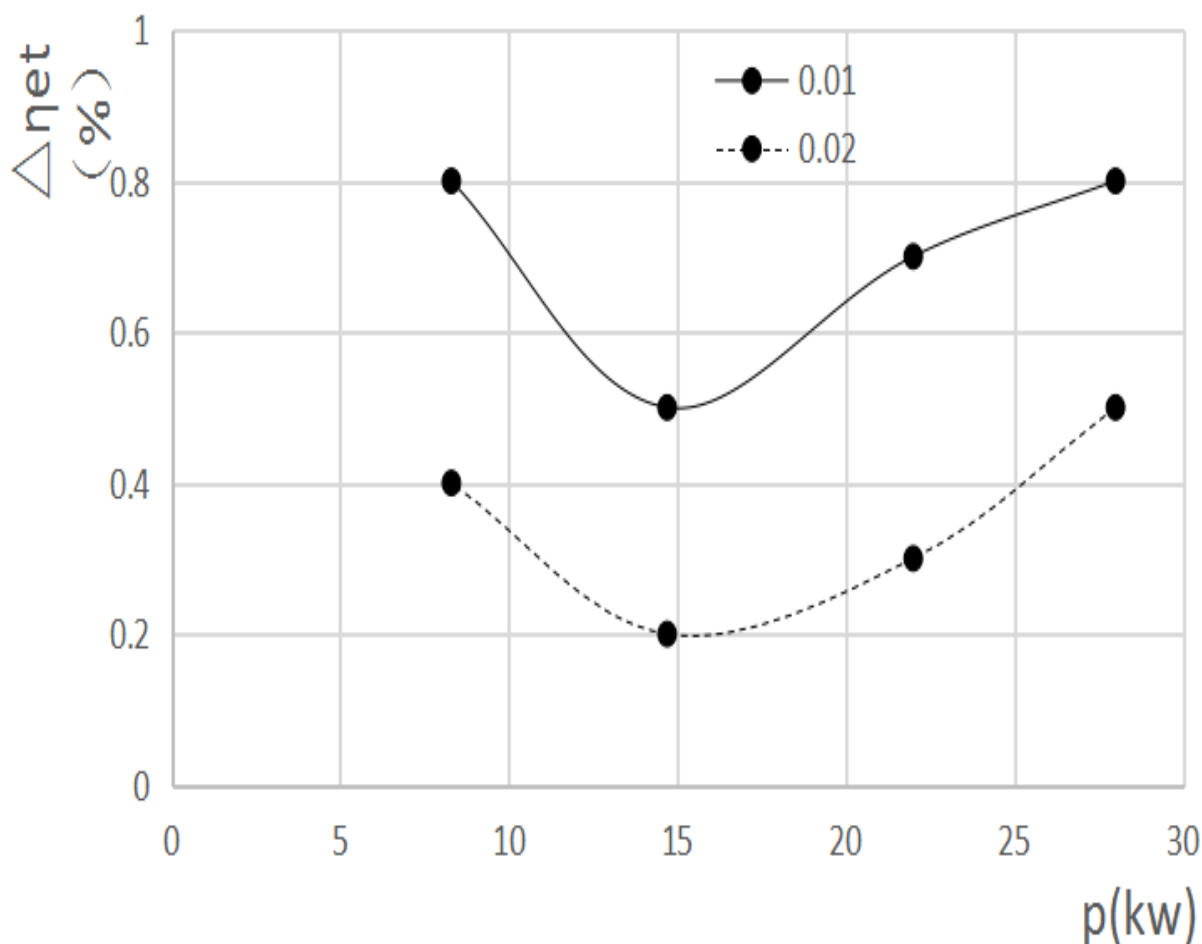


Рисунок 2.5 - Разница тепловой эффективности

В Николаевском судостроительном институте, Республики Украина, Цуй Керунь, Гао Сяохун провели эксперименты в лаборатории [2] и из таблицы 2.2 получили следующие результаты: Повышается эффективность дизельного двигателя при добавлении водорода. Например, при соотношении масс 1%, скорости 1500 об/мин, 95% загрузки, расход дизельного топлива ниже на 12 г/(кВт·ч), и (Δ_d) меньше на 4.9%, чем без водорода. Общий расход топлива снизился на 5.1 г/(кВт·ч). Тепловая эффективность улучшается от 34.5% до 35.3%. С увеличением количества водорода, увеличивается коэффициент снижения потребления дизельного топлива, однако общий расход топлива был другим. Например, когда мощность 28 кВт, процент загрузки 95%, добавление водорода на 1%, общий расход топлива снизился на 2.1%; когда добавление водорода на 2%, общий расход топлива снизился на 1.3%. Поэтому добавление водорода на 1% лучше, чем на 2%. Добавление небольшого количества водорода (0.1%-2%) в дизельный двигатель, может повышает его эффективность. Расход дизельного топлива снижается на 4.2%-7.6%, общий расход топлива снижается на 0.6%-3.9%. Добавление небольшого количества водорода (0.1%-2%) в дизельный двигатель, тепловая эффективность непрерывно повышается (0.2%-0.8%).

2.2 Экспериментальные исследования на двигателе модели ZS1100

Сенмил [7] и др на маломощном дизельном двигателе с частотой вращения 1500 об/мин и мощностью 3.7 кВт. Водород добавлялся в дизельный двигатель, когда он сжигался с биотопливом. Наблюдение за влиянием на эффективность сгорания дизельного топлива и выбросы. Он показывает, что добавление водорода может значительно улучшить эффективность сгорания топлива Набер [8] и др. моделируют среду сгорания дизельного двигателя в постоянном объеме и изучают влияние добавления водорода.

Исследования показали, что после добавления водорода в процесс горения в постоянном объеме задержка пламени быстро сокращается с повышением температуры, в то время как другие факторы оказывают незначительное влияние на задержку пламени. Цуй Керун [9] и др. подавали водород в дизельный двигатель с металлическим устройством для хранения водорода и провели эксперимент, и общая полученная экономия топлива составила от 1% до 5%.

Хоу Линюнь и др. рассчитали, смоделировали и проанализировали влияние водорода на сжигание смеси в дизельных двигателях [10].

2.2.1. Экспериментальная установка

Для изучения влияния гидрирования на потребление дизельного топлива были проведены экспериментальные исследования. В лабораторных условиях для испытания выбран дизельный двигатель модели ZS1100. Основные параметры в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Основные параметры испытательного дизельного двигателя.

Тип	ZS1100
Количество цилиндров	1
Диаметр цилиндра	100 мм
Поршневой ход	115 мм
Дизельное смещение	0.903 Л
Номинальная мощность	10.3 кВт
Номинальная скорость	2000 об/мин

Чжан Бо не только обсудил изменение потребления топлива в дизельном двигателе с количеством водорода, добавляемого при различной мощности

(нагрузке), но также сравнил влияние температуры смеси топлива и водорода на расход топлива.

Схема экспериментальной системы (Рисунок 2.6). В эксперименте частота вращения дизельного двигателя поддерживается в диапазоне (2000 ± 10) об/мин, мощность 10.3 кВт, 8 кВт, 6 кВт, 4 кВт. Соответственно уровней мощности нагрузки 100%, 80%, 60%, 40%. По соображениям безопасности в эксперименте водород максимальный поток газа составляет около 0.2 кг/час.

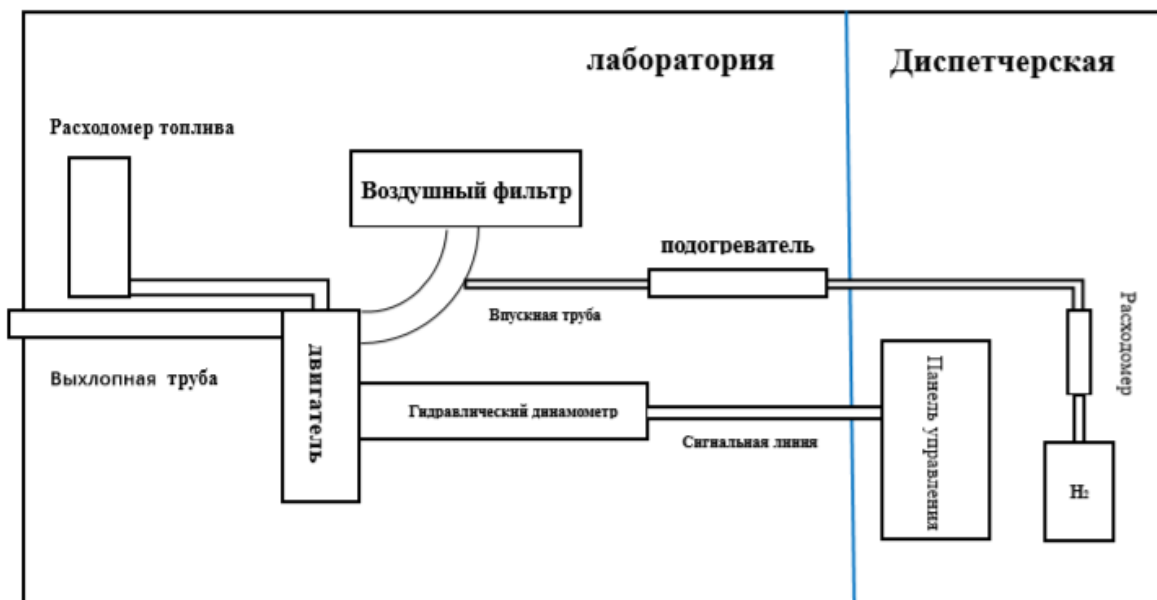


Рисунок 2.6 - Схема экспериментальной системы

После добавления водорода в дизельный двигатель при расчете общего расхода топлива следует учитывать не только потребление дизельного топлива, но и потребление водорода. В расчете, основанном на энергии, потребление водорода преобразуется в стандартное дизельное топливо в соответствии с энергией, выделяемой при сжигании водорода. Формула расхода, формула расчета комплексной нормы расхода топлива и нормы экономии топлива соответственно в формуле (2):

$$\begin{aligned}
 g &= g_d + \frac{Q_{H_2}}{Q_D} \cdot g_{H_2} = g_e(1 - \delta) + 2.845 g_{H_2} \\
 \eta &= \left(1 - \frac{g}{g_{d0}}\right) \cdot 100\% \\
 \eta_d &= \left(1 - \frac{g}{g_{d0}}\right) \cdot 100\%
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где:

g - Общий расход топлива, г/(кВт·ч)

g_d - Расход дизельного топлива), г/(кВт·ч)

g_e - Расход смеси топлива, г/(кВт·ч)

g_{H_2} - Расход водорода, г/(кВт·ч)
 Δ - Содержание воды в смеси топлива (массовая доля)
 Q_{H_2} - Теплотворная способность водорода 120.9 МДж/кг
 Q_D - Теплотворная способность дизельного топлива 42.5 МДж/кг
 η - Комплексная экономия топлива
 η_d - Экономия дизельного топлива
 g_{d0} - Для первоначального уровня расхода топлива, то есть уровня расхода дизельного топлива, когда дизельный двигатель использует только дизельное топливо, г/(кВт·ч).

2.2.2 Экспериментальные результаты и анализ

2.2.2.1 Влияние водорода на расход топлива при разных мощностях (нагрузках)

На рисунках 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 показывают влияние водорода на расход топлива при разных мощностях (нагрузках), скорость при 2000 об/мин.

Из рисунка 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 видно, что с увеличением скорости потока водорода, уровень потребления дизельного топлива значительно снизился, и чем меньше мощность, тем более очевидно снижение уровня потребления дизельного топлива. Несмотря на то, что мощность отличается, исходный уровень потребления дизельного топлива совершенно другой, когда нет водорода.

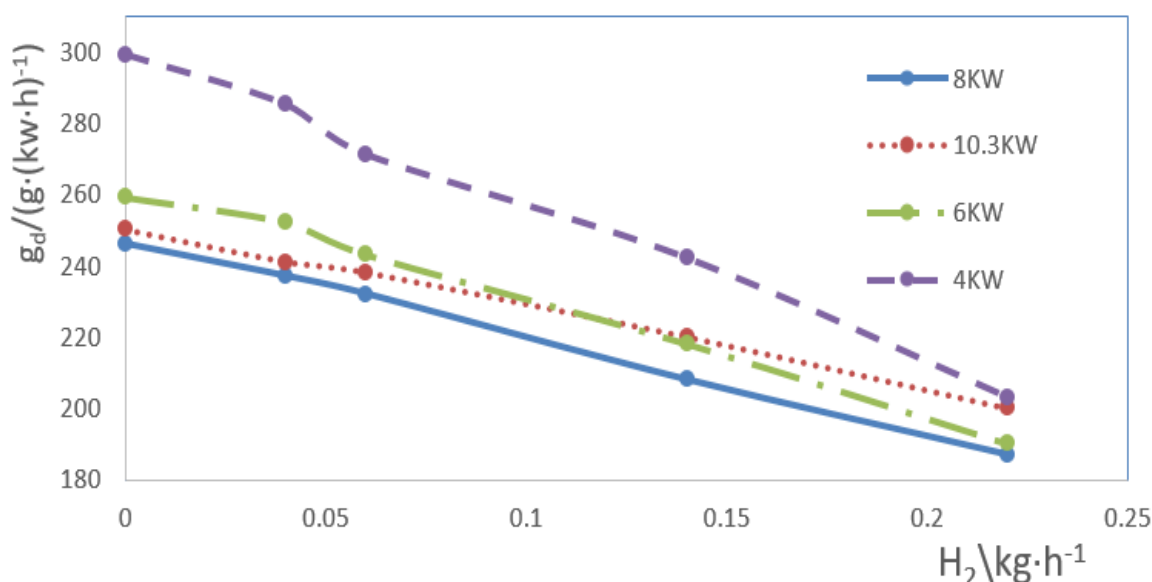


Рисунок 2.7 - Расход дизельного топлива при изменении потока водорода

Рисунок 2.8 показывает, что, хотя поток водорода увеличивается, расход дизельного топлива снизится, однако, принимая во внимание общий уровень

потребления топлива и водорода, повышается. При 10.3 кВт с увеличением количества водорода, общий уровень потребления топлива расчёт, не только не имеет эффекта экономии топлива, но и увеличит потребление. При мощности 8 кВт потребление водорода и дизельного топлива в основном одинаковы, а общий коэффициент потребления топлива практически не меняется с увеличением потока газообразного водорода. При низкой мощности общий расход топлива будет уменьшаться с увеличением содержания водорода. И падение при мощности 4 кВт является наиболее очевидным.

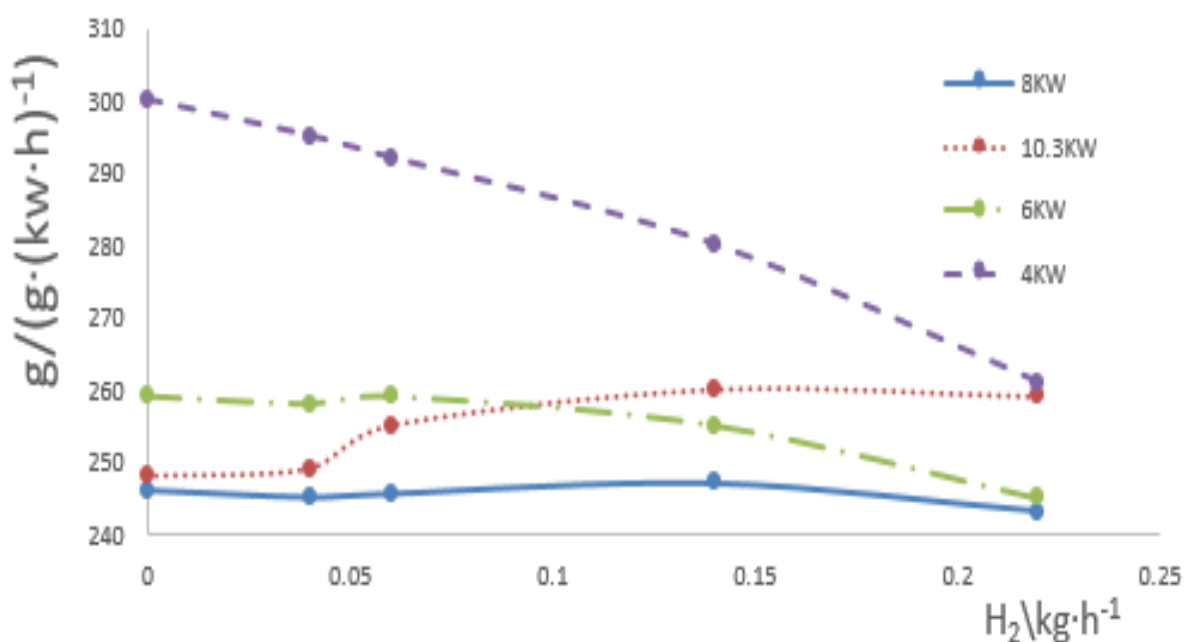


Рисунок 2.8 - Общий расход дизельного топлива при изменении потока водорода

Это связано с тем, что дизельный двигатель имеет наивысшую эффективность сгорания при приблизительно 80% нагрузке, то есть близко к степени сгорания химического эквивалента. Поскольку скорость вращения постоянна, количество впрыскиваемого топлива уменьшается после того, как уменьшается нагрузка, и внутреннее сгорание в целом находится в состоянии сгорания с высоким содержанием кислорода, что приводит к снижению эффективности сгорания и увеличению расхода топлива. В это время добавление водорода в дизельный двигатель может сделать сгорание в цилиндре ближе к состоянию стехиометрического отношения. В то же время, благодаря характеристикам сгорания водорода, эффективность сгорания улучшается после добавления водорода.

Для условий работы с полной нагрузкой количество впрыскиваемого топлива велико, и процесс в цилиндре смещается в сторону состояния сгорания обогащённого топлива в целом. В это время добавление газообразного водорода приведёт к чрезмерному расходу топлива в цилиндре

и отклонению от состояния стехиометрического отношения, поэтому, когда нагрузка полная, водород не только не снижает общий расход топлива, но и увеличивает его.

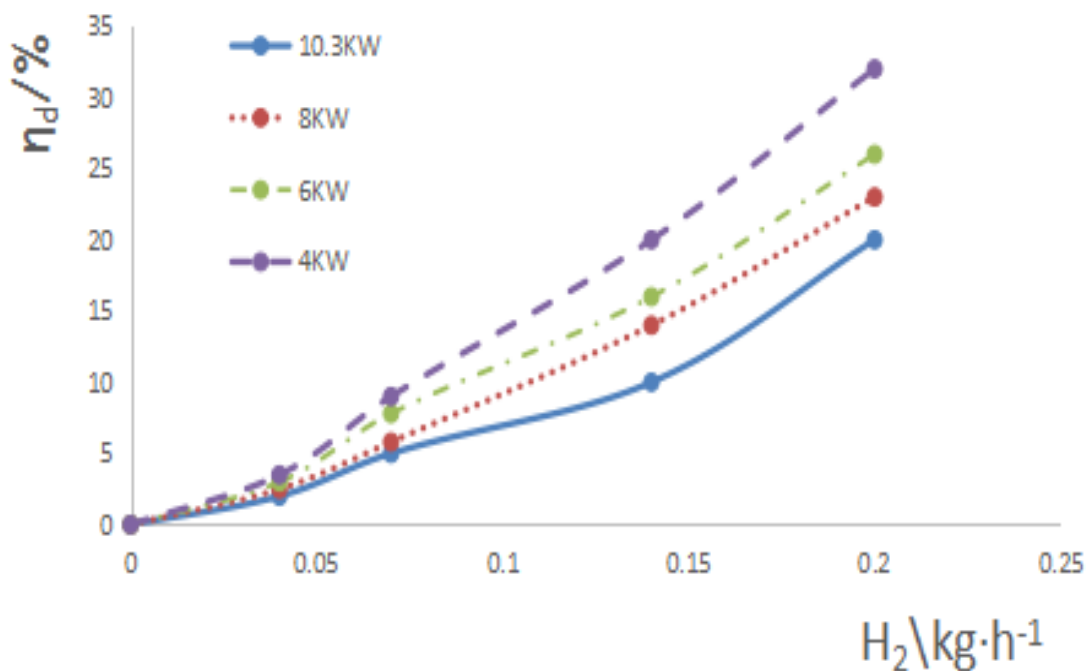


Рисунок 2.9 - Экономия дизельного топлива при изменении потока водорода

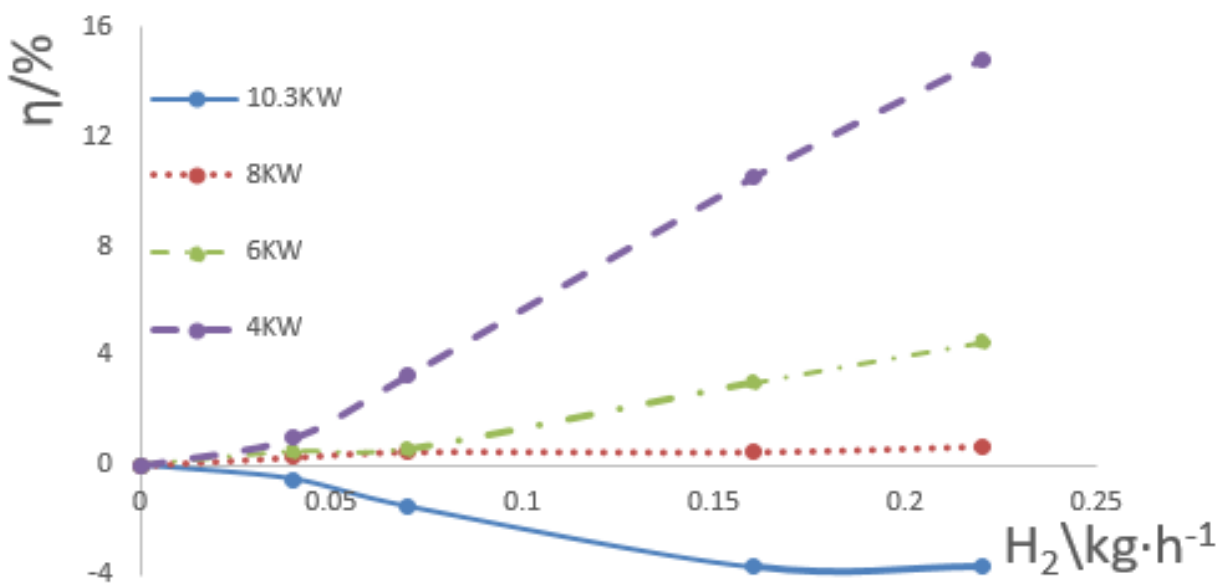


Рисунок 2.10 - Общая экономия топлива при изменении потока водорода

Из рисунка 2.9 ясно видно, что с увеличением скорости потока водорода, чем ниже мощность, тем быстрее увеличивается экономия топлива. Это показывает, что тот же поток водорода может увеличить экономию дизельного

топлива в условиях низкой мощности. Кроме того, можно видеть, что степень экономии дизельного топлива после добавления водорода очевидна. Когда скорость потока водорода равна 0.2 кг/час, степень экономии дизельного топлива при 10.3 кВт составляет 20% и при 4 кВт экономия дизельного топлива достигает 32%. При той же скорости потока водорода, чем ниже мощность, тем выше экономия топлива. Уровень расхода топлива - это масса топлива, потребляемая за единицу времени, делённая на мощность. После добавления водорода в дизельный двигатель он неизбежно заменит расход части дизельного топлива. При той же скорости потока водорода, чем ниже мощность, тем выше экономия топлива, что в основном обусловлено этой причиной.

Из рисунка 2.10 видно, что общая экономия топлива практически не меняется с увеличением содержания водорода при 8 кВт. Выше 8 кВт общая экономия топлива будет уменьшаться с увеличением количества газообразного водорода, а ниже 8 кВт с увеличением количества водорода полная экономия топлива, очевидно, будет увеличиваться. Общий уровень экономии топлива при мощности 4 кВт составляет 14%.

Если скорость потока водорода продолжит увеличиваться, экономия топлива будет выше. При 10.3 кВт при увеличении расхода водорода общий расход топлива снизился примерно до 3%, а затем экономия топлива оставалась стабильной. Продолжающееся увеличение расхода водорода не оказывает существенного влияния на общую экономию топлива.

2.2.2.2 Влияние температуры водорода на расход топлива

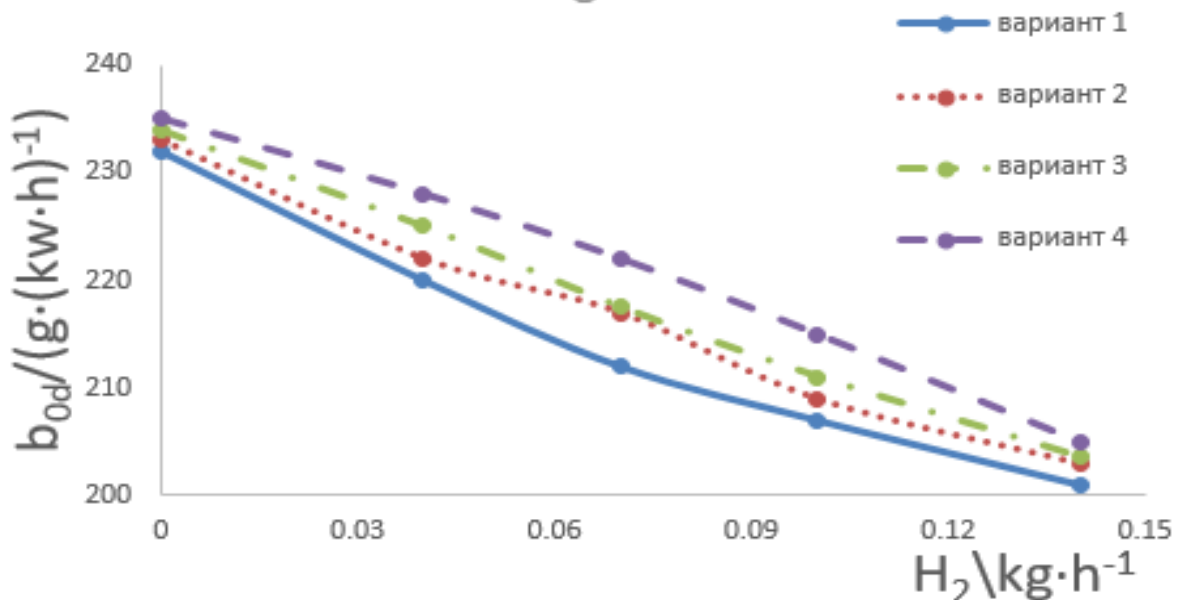


Рисунок 2.11- Влияние водорода на расход дизельного топлива

Экспериментальные данные на рисунке 2.11, 2.12 показывают влияние температуры водорода на расход топлива. Четыре кривые на рисунке

представляют следующие четыре условия работы:

Вариант 1: сжигание дизельного топлива, водород не нагревается

Вариант 2: сжигание дизельного топлива, подогрев водорода (100°C)

Вариант 3: сжигание 15% смеси топлива с водой, водород не нагревается

Вариант 4: сжигание смеси топлива, подогрев водорода (100°C).

Результаты показывают, что сжигание чистого дизельного топлива или смеси топлива, нагревание водорода или отсутствие нагрева может снизить расход топлива, расход дизельного топлива и общее снижение расхода топлива оба около 3 г/кВт·ч.

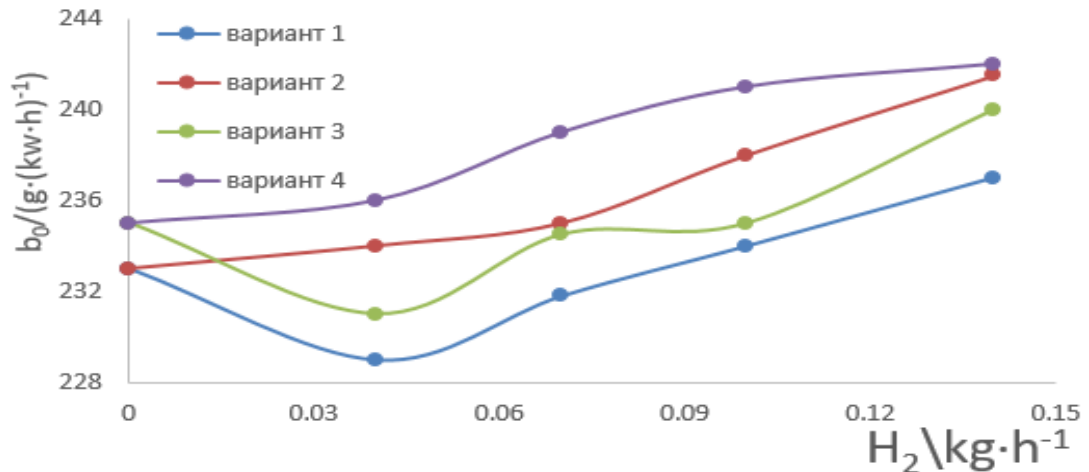


Рисунок 2.12 - Влияние водорода на общий расход топлива

Основная причина этого результата заключается в том, что повышение начальной температуры приведёт к увеличению коэффициента диффузии газа. При температуре T и давлении P общая формула оценки коэффициента диффузии газа D в формуле (3):

$$D = D_0 \left(\frac{T}{T_0} \right)^{1.5} \frac{P_0}{P} \quad (3)$$

Если температура водорода увеличится с 300 К до 400 К, коэффициент диффузии увеличится примерно в 1.54 раза. Когда в дизельном двигателе до пламени присутствует водород, большой коэффициент диффузии водорода заставит его быстрее переносить высокотемпературную энергию в пространстве цилиндра к поверхности капли, что будет способствовать более быстрому испарению капли, тем самым способствуя сгоранию, поэтому после нагревания увеличение коэффициента диффузии будет способствовать сгоранию и уменьшению расхода топлива.

Кроме того, удельная теплоёмкость на единицу массы водорода очень велика (примерно в 14 раз превышает удельную теплоёмкость воздуха). Повышение температуры впуска водорода может снизить поглощение тепла водородом в цилиндре, что выгодно для повышения температуры сгорания и

скорости распространения пламени, это ещё одна причина снижения расхода топлива.

2.2.2.3 Влияние водорода на расход топлива при использовании смеси дизельного топлива

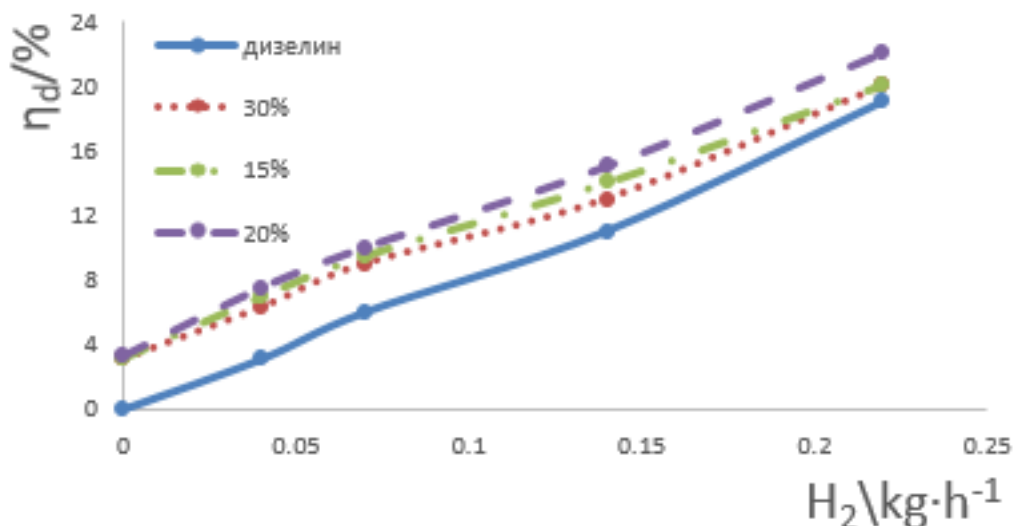


Рисунок 2.13 - Влияние водорода на расход топлива при использовании смеси дизельного топлива

На рисунке 2.13 показаны результаты экспериментов с смесями дизельного топлива с содержанием воды 15%, 20% и 30% (массовая доля). Из результатов экспериментов видно, что такая же скорость потока водорода используется после смеси дизельного топлива, расход дизельного топлива дополнительно увеличивается примерно на 3%, что эквивалентно экономии топлива смеси дизельного топлива, когда водород не добавляется.

В экспериментальных данных этой группы содержание воды в смеси дизельного топлива не оказывает существенного влияния на скорость экономии топлива. Особенно, когда скорость потока водорода составляет менее 0.1 кг/ч, экспериментальные данные о различном содержании воды в смеси дизельного топлива практически совпадают. Только вода, содержащая 30% смеси дизельного топлива, имеет низкую экономию топлива, когда скорость потока водорода велика. Это показывает, что вместе использование смеси топлива и водорода может улучшить экономию топлива.

2.2.2.4 Влияние водорода на расход дизельного топлива при одинаковом среднем эффективном давлении

При условии сохранения динамики двигателя, изучите влияние водорода на двигатель. Влияние содержания водорода на расход дизельного топлива и общий расход топлива, когда скорость вращения составляет 1300 об/мин, 1

600 об/мин, 1800 об/мин, 2000 об/мин, при средних эффективных давлениях 0.14 МПа, 0.28 МПа, 0.42 МПа, 0.56 МПа и 0.70 МПа.

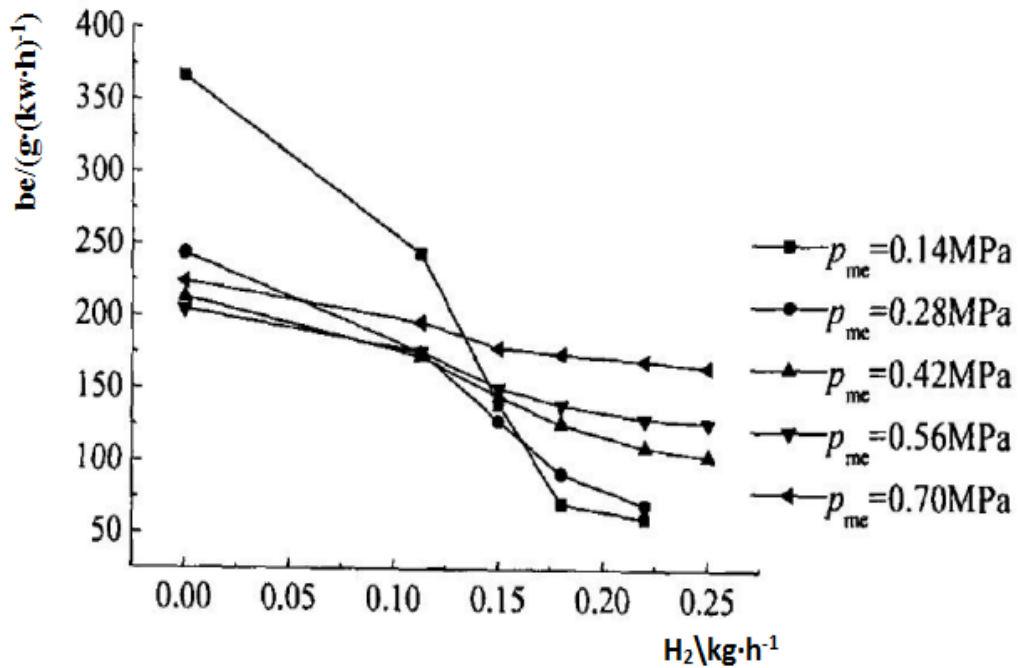


Рисунок 2.14 - Влияние водорода (H_2) на расход дизельного топлива (b_e) при $n=1300$ об/мин

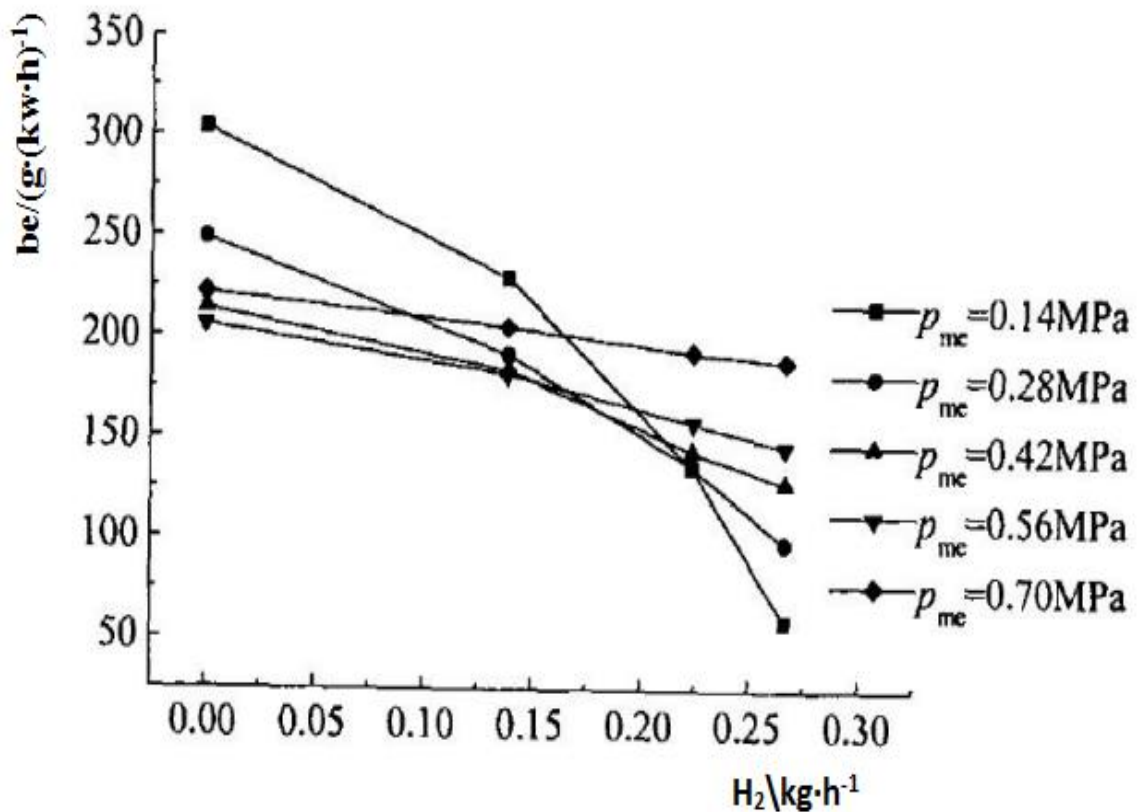


Рисунок 2.15 - Влияние водорода (H_2) на расход дизельного топлива (b_e)

при $n=1600$ об/мин

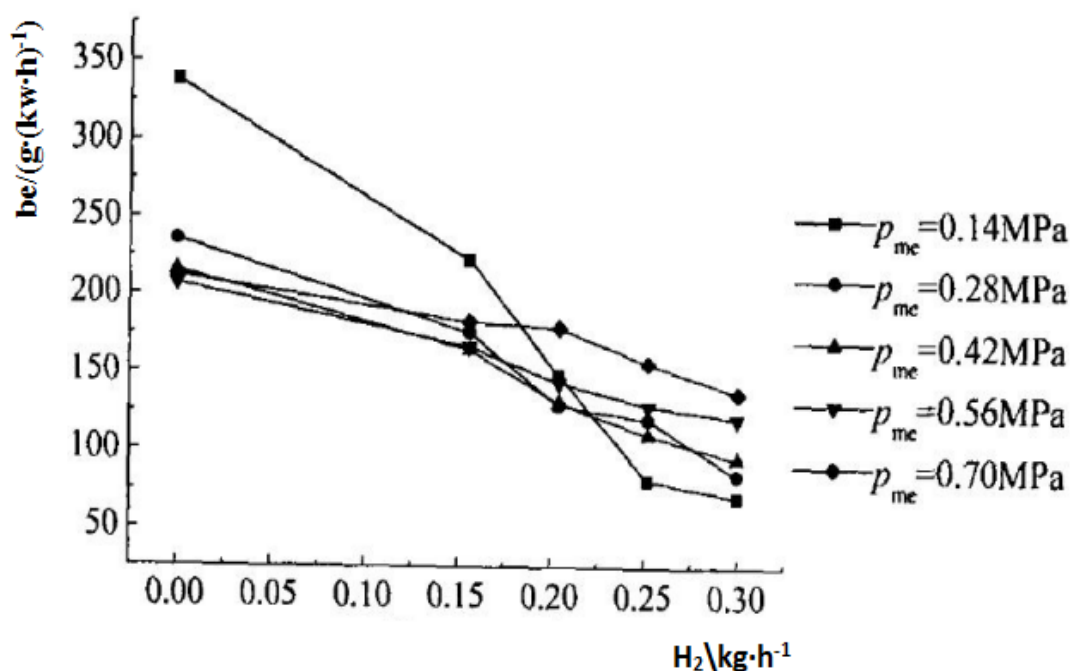


Рисунок 2.16 - Влияние водорода (H_2) на расход дизельного топлива (b_e) при $n=1800$ об/мин

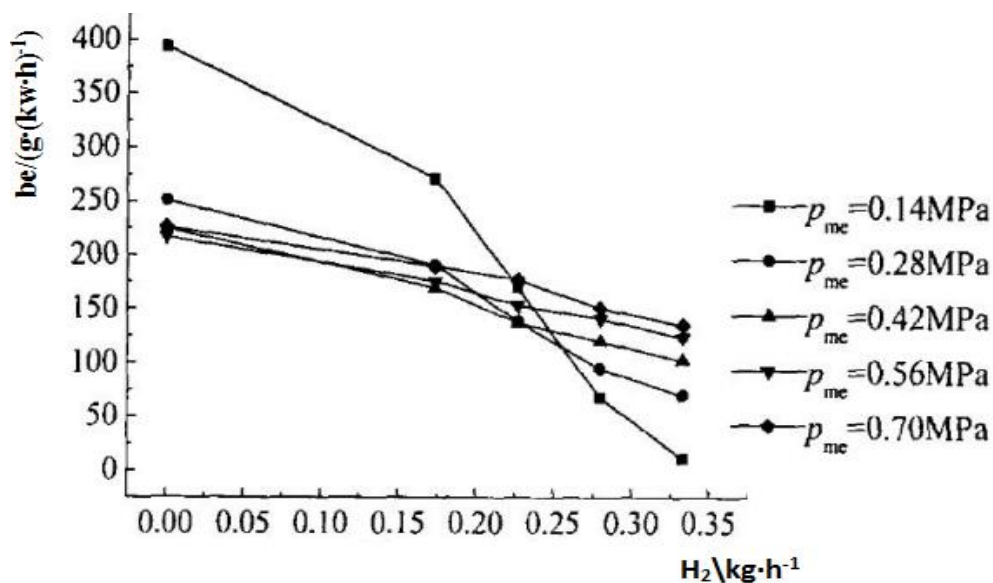


Рисунок 2.17 - Влияние водорода (H_2) на расход дизельного топлива (b_e) при $n=2000$ об / мин

Чтобы поддерживать двигатель в одном и том же рабочем состоянии, необходимо выбрать соответствующее количество водорода и дизельного топлива. В этом разделе анализируется влияние количества водорода на расход дизельного топлива при различных нагрузках, когда двигатель имеет одинаковое среднее эффективное давление. На рисунке 2.14, 2.15, 2.16, 2.17

показано изменение расхода дизельного топлива при гидрировании на впуске в условиях постоянной мощности двигателя при 1300 об/мин, 1600 об/мин, 1800 об/мин и 2000 об/мин.

Из рисунка 2.18, 2.19, 2.20, 2.21 видно, что при скорости $n = 2000$ об/мин скорость расхода дизельного топлива уменьшается с увеличением количества водорода в условиях среднего эффективного давления. Когда двигатель находится в условиях малой нагрузки, расход дизельного топлива быстро уменьшается с увеличением объёма водорода.

В других условиях нагрузки расход дизельного топлива медленно уменьшается с увеличением содержания водорода. Когда среднее эффективное давление двигателя составляет $P_{me} = 0.14$ МПа (низкая нагрузка), расход дизельного топлива при сжигании чистого дизельного топлива составляет 393.8 г/кВт·ч. Когда водород составляет 0.17 кг/час, расход дизельного топлива падает на 30.8%; Когда водород увеличивается до 0.33 кг/час, расход дизельного топлива уменьшается на 97%; Когда среднее эффективное давление двигателя составляет предварительно 0.70 МПа (высокая нагрузка), расход дизельного топлива составляет 226.42 г/(кВт·ч); Когда газообразный водород составляет 0.17 кг/час, расход дизельного топлива падает только на 16%; Когда водород составляет 0.33 кг/час, расход дизельного топлива снижается только на 40%. Это показывает, что добавление водорода более чувствительно к улучшению расхода дизельного топлива при низкой нагрузке.

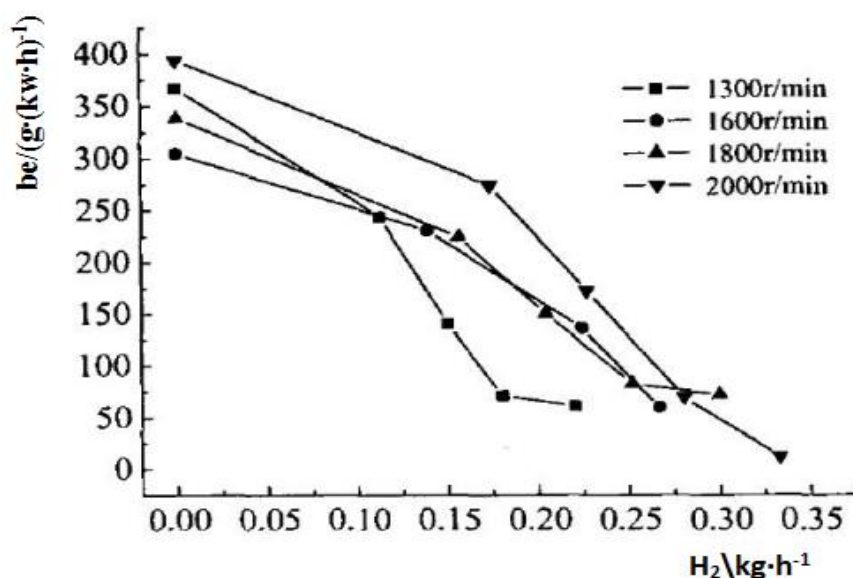


Рисунок 2.18 - Влияние водорода (H_2) на расход дизельного топлива (b_e) при $p=0.14$ МПа

Когда водород не добавляется, расход топлива между высокими и низкими нагрузками сильно отличается при скорости 2000 об/мин, и максимальная разница составляет около 170 г/кВт·ч; Когда водород увеличивается до 0.28 кг/час, разница в расходе топлива между различными нагрузками значительно уменьшается, а максимальная разница уменьшается

до 80 г/кВт·ч.

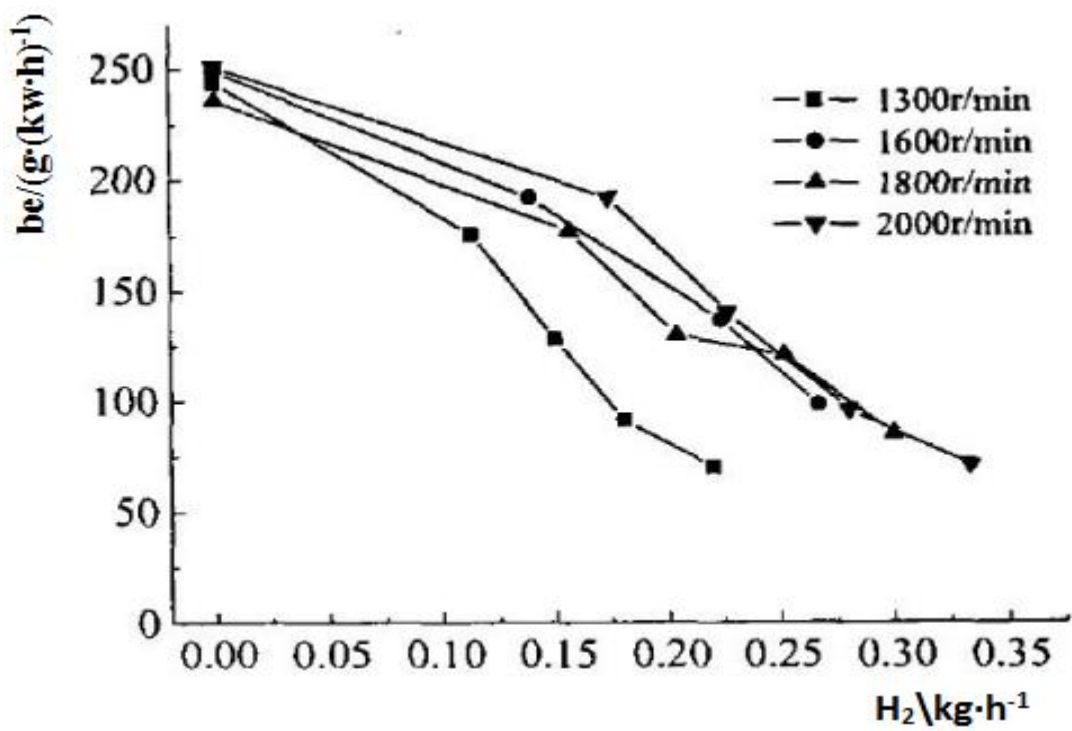


Рисунок 2.19 - Влияние водорода (H_2) на расход дизельного топлива (b_e) при $p=0.28$ Мпа

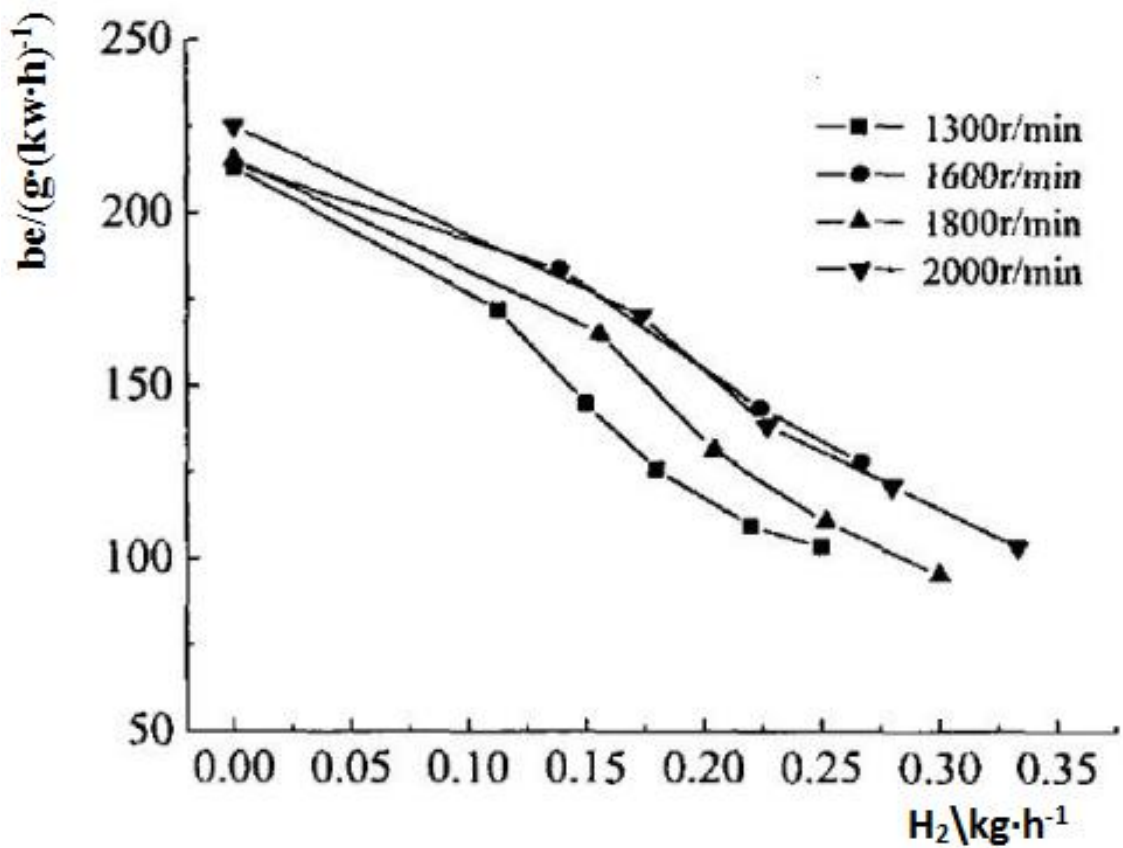


Рисунок 2.20 - Влияние водорода (H_2) на расход дизельного топлива (b_e) при $p=0.42$ МПа

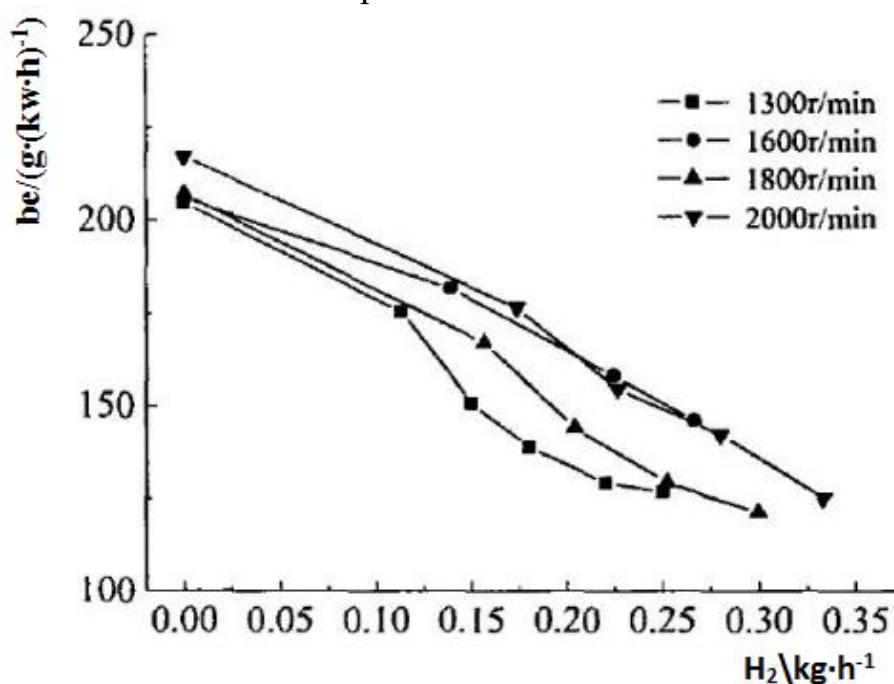


Рисунок 2.21 - Влияние водорода (H_2) на расход дизельного топлива (b_e) при $p=0.56$ МПа

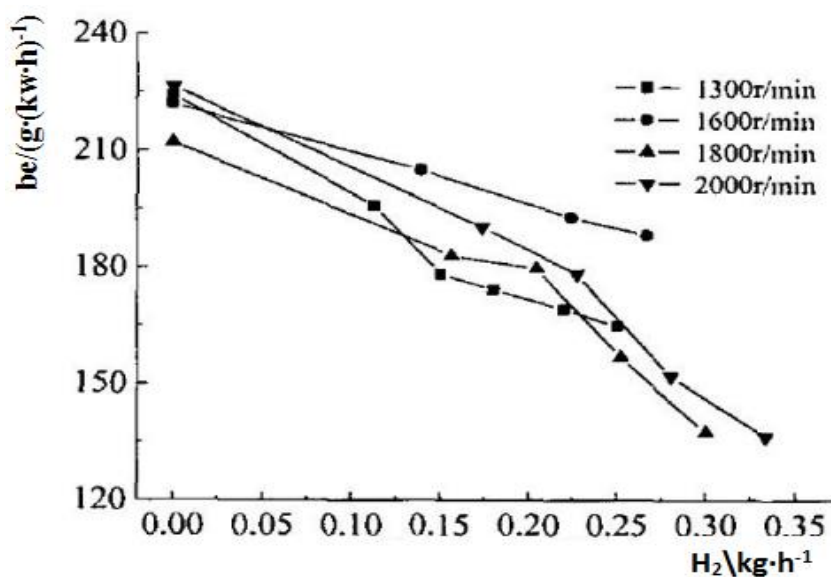


Рисунок 2.22 - Влияние водорода (H_2) на расход дизельного топлива (b_e) при $p=0.70$ МПа

По мере увеличения частоты вращения двигателя расход дизельного топлива уменьшается с увеличением количества водорода. Когда высокая скорость составляет 1800 об/мин и 2000 об/мин, скорость снижения скорости потребления дизельного топлива ниже, чем у низкой скорости 1300 об/мин. В частности, разница в скорости потребления дизельного топлива является более

очевидной при разных скоростях 0.14 МПа и 0.28 МПа.

2.2.2.5 Влияние водорода на общий расход топлива при одинаковом среднем эффективном давлении

Исходя из теплотворной способности топлива, потребление водорода преобразуется в стандартное потребление дизельного топлива. Вместе с количеством использованного дизельного топлива получается общий расход топлива. Изучив его, сравнить и проанализировать полный удельный расход топлива при сжигании различных видов топлива. Формула расчёта такая, как показано в уравнении (4).

$$g_m = g_d + \frac{H_{h2}}{H_d} \cdot g_{h2} \quad (4)$$

где: g_m - полная норма расхода топлива, г/мин;
 g_d - норма расхода дизельного топлива, г/мин;
 g_{h2} - норма расхода водорода, г/мин;
 H_{h2} - теплотворная способность водорода, принимая 121 МДж/кг;
 H_d - теплотворная способность дизельного топлива, выбираем 42.5 МДж/кг.

После преобразования в формуле (5)

$$b_e = \frac{60g_m}{P_e} \quad (5)$$

где: b_e - суммарный расход топлива, г / кВт · ч;
 P_e - мощность двигателя, кВт.

На рисунке 2.23, 2.24, 2.25, 2.26 показано изменение общего расхода топлива с расходом водорода при среднем эффективном давлении водородного дизельного двигателя при 1300 об/мин, 1600 об/мин, 1800 об/мин и 2000 об/мин.

Из рисунков 2.23, 2.24, 2.25, 2.26 видно, когда частота вращения двигателя составляет 1300 об/мин, при том же среднем эффективном давлении, соотношение между общей скоростью потребления топлива и газообразным водородом сначала увеличивается, затем уменьшается, наконец, увеличивается. При условии равного среднего эффективного давления, совокупный расход топлива значительно изменяется при небольшой нагрузке, в то время как совокупный расход топлива изменяется при других нагрузках.

Когда частота вращения двигателя составляет 1600 об/мин, при среднем эффективном давлении общая скорость потребления топлива сначала увеличивается, а затем уменьшается с увеличением объёма водорода, и общий расход топлива достигает максимума при скорости потока водорода 0.14 кг/ч.

Точно так же, когда среднее эффективное давление одинаково, совокупный расход топлива при низкой нагрузке, очевидно, изменяется с водородом, в то время как совокупный расход топлива при небольшой нагрузке ($p_{me}=0.28$ МПа) изменяется с водородом, в то время как совокупный расход топлива по другим нагрузкам мало изменяется с водородом.

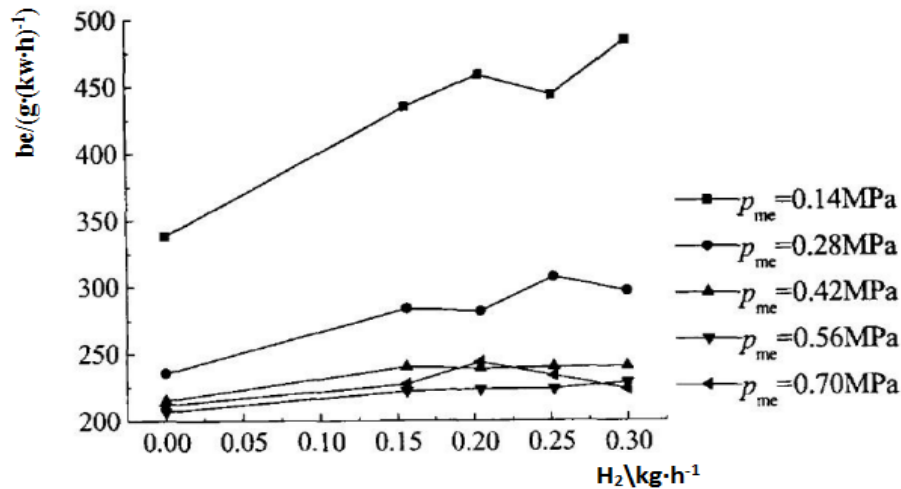


Рисунок 2.23 - Влияние водорода (H_2) на расход общего топлива (b_e) при $n=1300$ об/мин

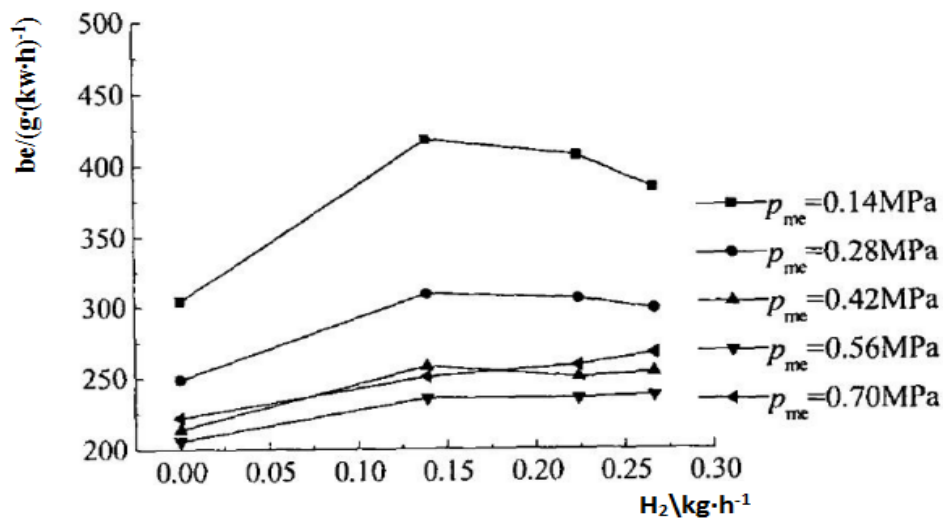


Рисунок 2.24 - Влияние водорода (H_2) на расход общего топлива (b_e) при $n=1600$ об / мин

Когда частота вращения двигателя составляет 1800 об/мин, общий расход топлива увеличивается вместе с водородом, а затем уменьшается. Среди них, при небольшой нагрузке ($p_{me}=0.14$ МПа), полная скорость потребления топлива, очевидно, изменяется с увеличением количества водорода, а когда количество водорода велико, общий расход топлива не уменьшается, а увеличивается. Это может быть результатом неспособности

во время сжечь водород. Общий расход топлива меньшей нагрузки ($p_{me}=0.28$ МПа) сначала увеличивается, а затем уменьшается с увеличением объёма водорода, в то время как общий расход топлива средней нагрузки ($p_{me}=0.42$ МПа) увеличивается, когда количество водорода мало, но дополнительно увеличивается с количеством водорода. Общий расход топлива остаётся в основном без изменений. При более высоких нагрузках ($p_{me}=0.56$ МПа) отношение общего расхода топлива аналогично средней нагрузке. При большой нагрузке общий расход топлива сначала увеличивается, а затем уменьшается с увеличением количества водорода, достигая максимума при давлении водорода $q_{h2} = 0.21$ кг/ч.

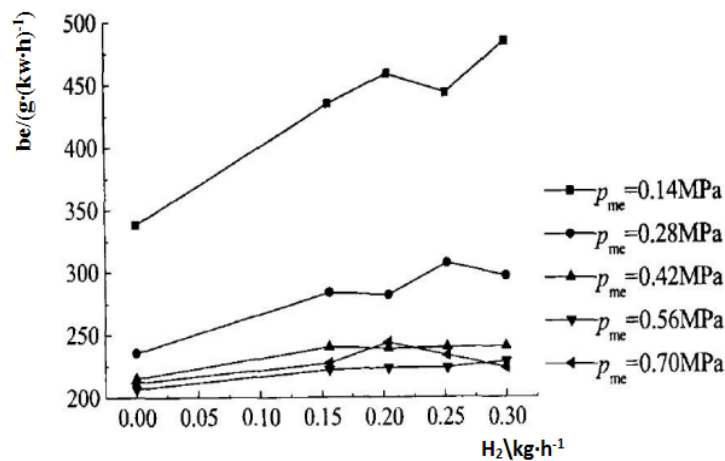


Рисунок 2.25 - Влияние водорода (H_2) на расход общего топлива (b_e) при $n=1800$ об/мин

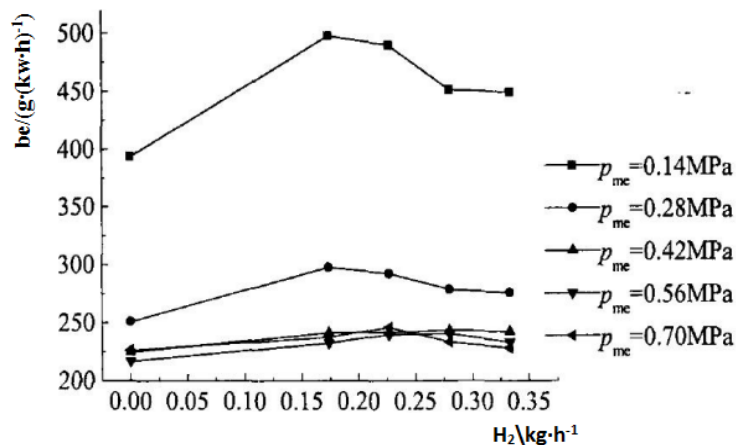


Рисунок 2.26 - Влияние водорода (H_2) на расход общего топлива (b_e) при $n=2000$ об/мин

Когда частота вращения двигателя составляет 2000 об/мин, общий расход топлива увеличивается, а затем уменьшается с количеством водорода при среднем эффективном давлении и достигает максимума при определённом

количестве водорода.

Взяв за пример совокупный расход топлива 1800 об/мин, описывается совокупный расход топлива каждой нагрузки при разных нагрузках, потребление водорода составляет от 0 до 0.156 кг/час, а суммарный расход топлива каждой нагрузки увеличивается в различной степени.

При низкой нагрузке совокупный расход топлива быстро увеличивается, совокупный расход топлива увеличивается на 100 г/кВт·ч, совокупный расход топлива средней нагрузки увеличивается на 130 г/кВт·ч, а совокупный расход топлива при других нагрузках не превышает 20 г/кВт·ч, в то время как количество водорода увеличилось с 0.156 кг/ч до 0.30 кг/ч, общий расход топлива увеличился на 50 г/кВт·ч при низкой нагрузке, а общий расход топлива при средней нагрузке составил менее 20 г/кВт·ч, другие нагрузки общее изменение расхода топлива составляет менее 10 г/кВт·ч. Это показывает, что разные количества водорода по-разному влияют на общее потребление топлива каждой загрузкой.

2.2.2.6 Влияние количества водорода на мощность двигателя

На определенной скорости контролируется количество впрыскиваемого дизельного топлива в двигатель и исследования влияние количества водорода на мощность. При определенной скорости и впрыске дизельного топлива изменение в добавлении водорода означает изменение нагрузки двигателя. Учитывая, что добавление водорода увеличит мощность двигателя, в эксперименте были выбраны две меньшие величины впрыска, а именно 13 мг и 18 мг, 13 мг указывает количество циркулирующего топлива, впрыскиваемого двигателем при небольшой нагрузке при скорости вращения 1300 об/мин. 18 мг представляет количество циркулирующего топлива, впрыскиваемого в двигатель с той же скоростью.

Следующее исследование показывает влияние различной гидрогенизации на динамические характеристики двигателя при двух объемах впрыска. Условия испытаний (таблица 2.4):

Таблица 2.4 – Данные исследований

Варианты	Скорость (об/мин)	Количество топлива (мг/цикл)	Количество водорода (мг/цикл)
1	1300	13	2.90
2	1300	13	3.79
3	1300	13	4.67
4	1300	13	5.56
5	1300	18	2.90
6	1300	18	3.79

7	1300	18	4.67
8	1300	18	5.56

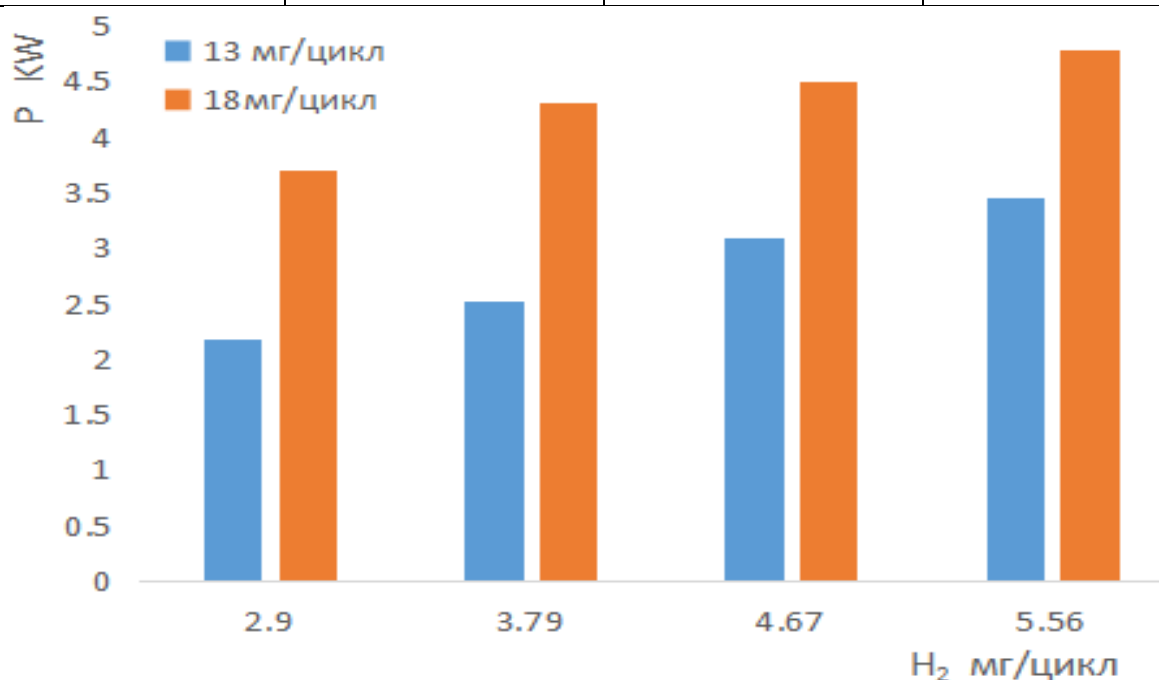


Рисунок 2.27 - Связь между количеством водорода и мощностью

На рисунке 2.27 показано влияние циркуляции дизельного топлива на мощность двигателя после того, как скорость вращения составляет 1300, циркуляция дизельного топлива составляет 13 мг, 18 мг, а количество водорода составляет 2.90, 3,79, 4,67, 5,56 мг. На рисунке 2.28 указывает на изменение мощности, вызванное различными концентрациями водорода, когда количество впрыскиваемого дизельного топлива отличается на 5 мг.

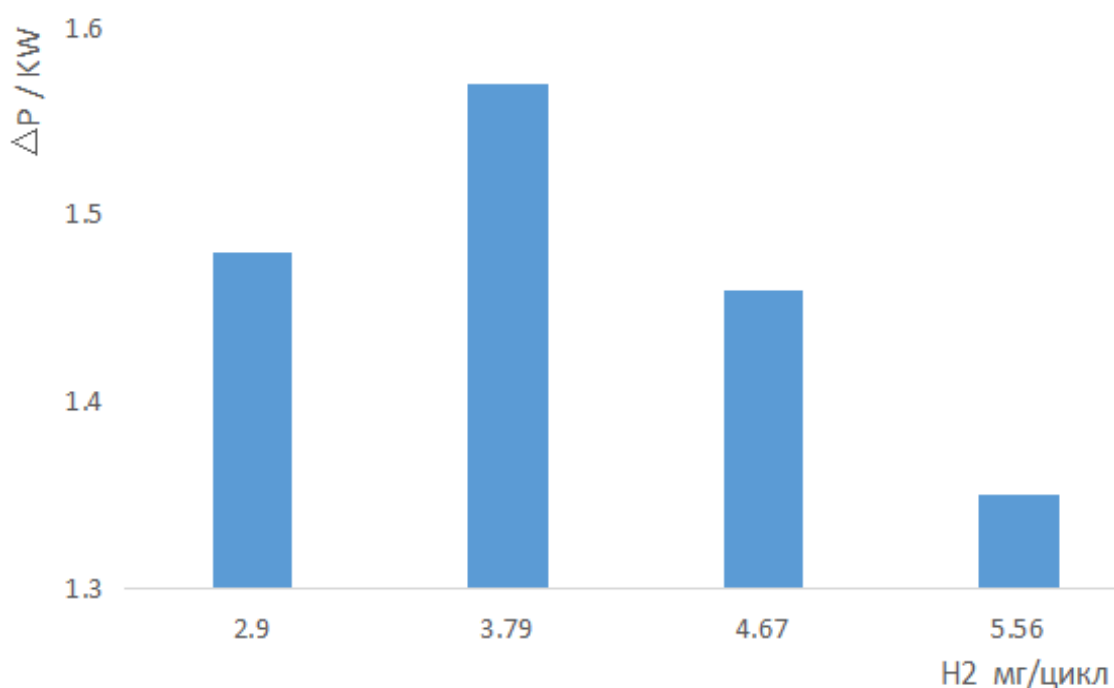


Рисунок 2.28 - Связь между количеством водорода и приращением мощности

Из рисунка 2.17, 2.28 видно, что при количестве впрыска дизельного топлива является фиксированным, мощность двигателя увеличивается с увеличением концентрации смешанного водорода.

Однако при разных объемах впрыска дизельного топлива количество водорода по-разному влияет на динамику. При количестве впрыскиваемого дизельного топлива составляет 13 мг, количество гидрогенизации всасываемого воздуха увеличивается с 2.9мг до 5.56 мг, а мощность увеличивается 470 кВт/г, при количестве впрыскиваемого дизельного топлива составляет 18 мг, увеличение мощности остается таким же, когда изменяется то же количество гидрогенизации 430 кВт/г, меньше прежнего 40 кВт/г, С точки зрения скорости роста, увеличение количества водорода при небольшом впрыске дизеля более способствует росту производительности двигателя.

Кроме того, фиксированное количество впрыска дизельного топлива составляло 13 мг и 18 мг, которые отличались на 5 мг. Когда концентрация смешанного водорода различна, прирост дизельного топлива 5 мг не согласуется с приращением мощности двигателя, и величина мощности сначала увеличивается, а затем уменьшается с увеличением концентрации водорода, причем прирост мощности достигает максимума, когда концентрация водорода составляет 3.79 мг / цикл.

Это связано с тем, что когда концентрация смешанного водорода мала, взаимодействие между водородом и окружающим дизельным топливом мало, температура и давление в цилиндре низкие, а потери тепла малы. Когда концентрация водорода увеличивается, взаимное сгорание водорода и дизеля усиливается, и агрегат освобождается за единицу времени, больше тепла и повышенной мощности.

2.2.3 Выбросы окись азота NO_x

В двигателях внутреннего сгорания NO_x главным образом получают из воздуха, который является продуктом сгорания N_2 в воздухе, окислённом в условиях высокой температуры в камере сгорания.

Количество образующегося NO_x связано с температурой камеры сгорания, высокой температурой камеры сгорания и концентрациями O_2 и N_2 в условиях высокой температуры камеры сгорания. Большое количество исследований показало, что чем выше температура в камере сгорания, тем дольше время сгорания, тем выше концентрация O_2 и N_2 и тем больше выбросов NO_x .

На рисунке 2.29, 2.30, 2.31, 2.32 показана взаимосвязь между характеристиками выбросов NO_x и количеством водорода при различных средних эффективных давлениях, когда частота вращения двигателя составляет 1300 об/мин, 1600 об/мин, 1800 об/ мин, 2000 об/мин.

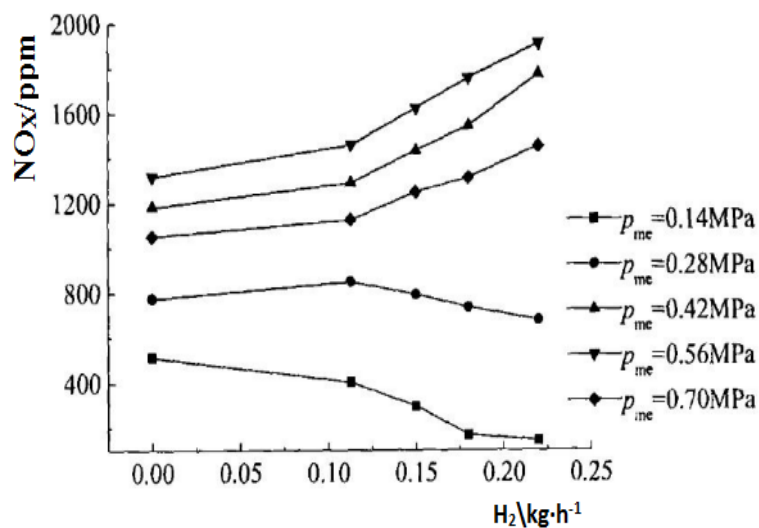


Рисунок 2.29 - Влияние водорода (H₂) на окись азота (NO_x) при n=1300об/мин

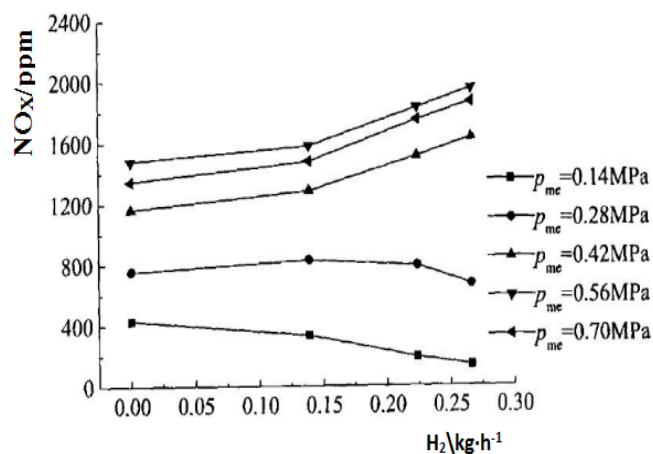


Рисунок 2.30 - Влияние водорода (H₂) на окись азота (NO_x) при n=1600об/мин

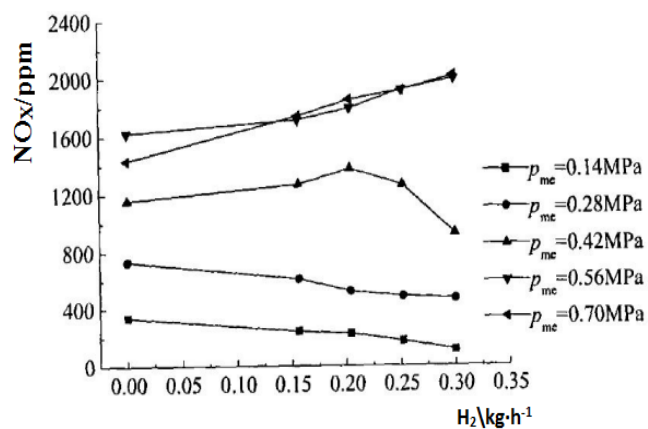


Рисунок 2.31 - Влияние водорода (H₂) на окись азота (NO_x) при n=1800об/мин

Результаты испытаний показывают, что при частоте вращения двигателя 1300 об/мин среднее эффективное давление составляет 0.14 МПа (небольшая нагрузка), а концентрация выбросов NO_x медленно уменьшается с увеличением объема водорода. При среднем эффективном давлении 0.28 МПа (небольшая нагрузка) концентрация выбросов NO_x сначала увеличивается, а затем уменьшается с увеличением объема водорода, а диапазон изменения невелик и достигает максимального значения при $q_{\text{H}_2} = 0.11$ кг/ч. Среднее эффективное давление $p_{\text{me}} = 0.42, 0.56$ и 0.70 МПа концентрация эмиссии NO_x увеличивается с увеличением содержания водорода, особенно когда водород составляет $q_{\text{H}_2} = 11$ кг/ч.

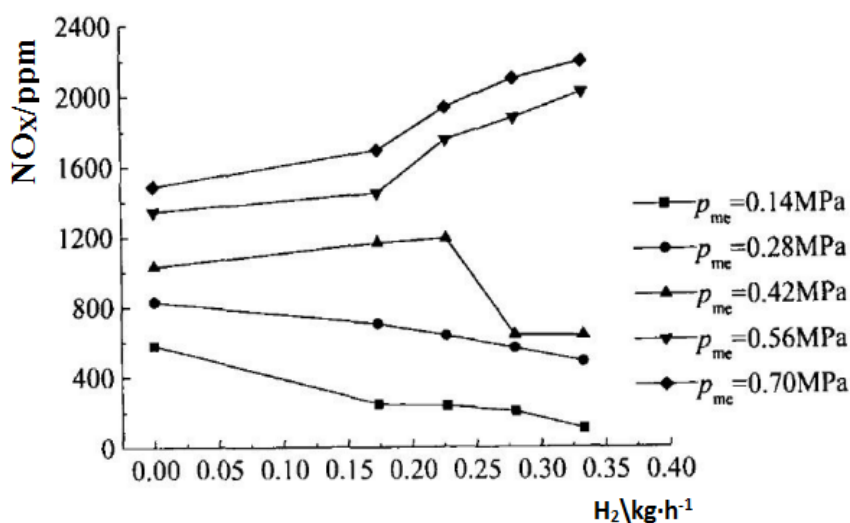


Рисунок 2.32 - Влияние водорода (H_2) на окись азота (NO_x) при $n=2000$ об/мин

При 1600 об/мин соотношение между выбросами NO_x и объемом водорода такое же, как при 1300 об/мин.

При 1800 об/мин концентрация выбросов NO_x уменьшается с увеличением объема водорода при среднем эффективном давлении 0.14 МПа и 0.28 МПа. При среднем эффективном давлении 0.42 МПа концентрация выбросов NO_x сначала увеличивается, а затем уменьшается с увеличением объема водорода. При среднем эффективном давлении $p_{\text{me}} = 0.56$ МПа и 0.72 МПа (большая нагрузка) концентрация выбросов NO_x увеличивается с увеличением количества водорода.

При скорости 2000 об/мин концентрация выбросов NO_x при каждой нагрузке аналогична скорости 1800 об/мин.

2.2.4 Выбросы окись углерода CO

Характеристики выбросов CO при оборотах двигателя 1300 об/мин и 2000 об/мин, где концентрация CO - это объемная доля в выхлопных газах.

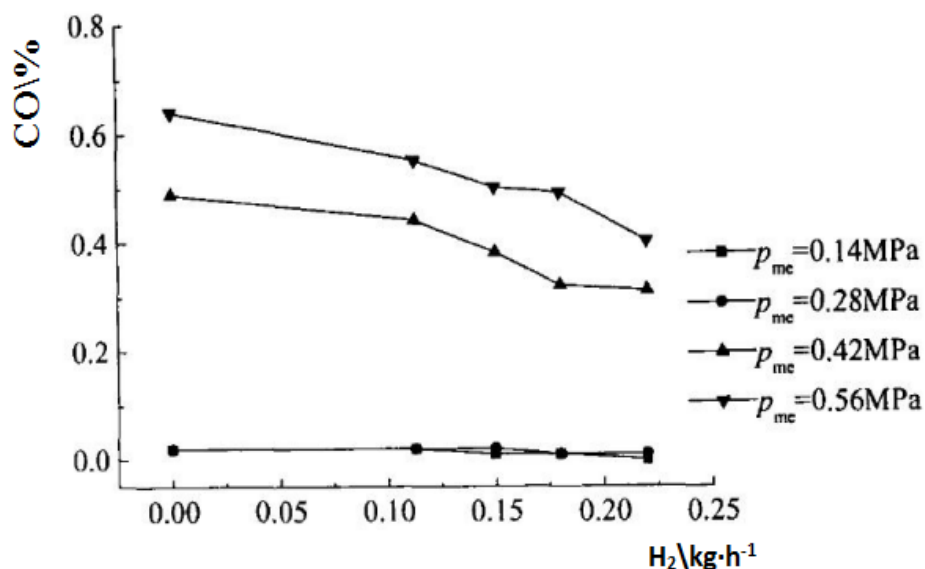


Рисунок 2.33 - Влияние водорода (H_2) на окись углерода (CO) при $n=1300$ об/мин

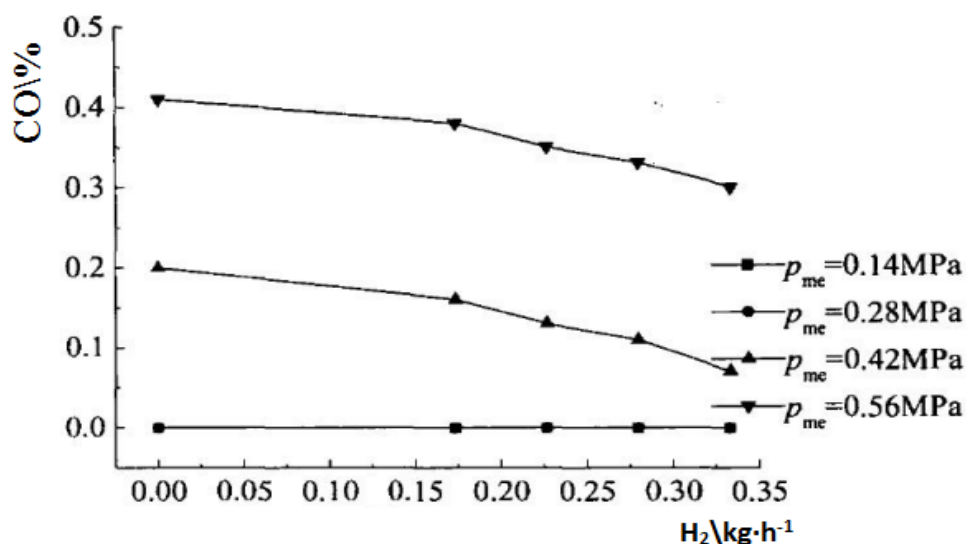


Рисунок 2.34 - Влияние водорода (H_2) на окись углерода (CO) при $n=2000$ об/мин

Из рисунка 2.33, 2.34 видно, что при равном среднем эффективном давлении концентрация разряда уменьшается с увеличением количества водорода.

Когда двигатель имеет низкую скорость вращения $n = 1300$ об/мин, выбросы CO средней и низкой нагрузки практически равны нулю, и количество водорода медленно уменьшается по мере добавления количества водорода; При высокой нагрузке выбросы CO уменьшаются при добавлении водорода, но при высоких нагрузках выбросы CO немного меньше, чем низкие обороты.

2.2.5 Выбросы углеводорода СН

Из рисунка 2.35 видно, что при одинаковом среднем эффективном давлении выбросы СН уменьшаются с увеличением количества водорода.

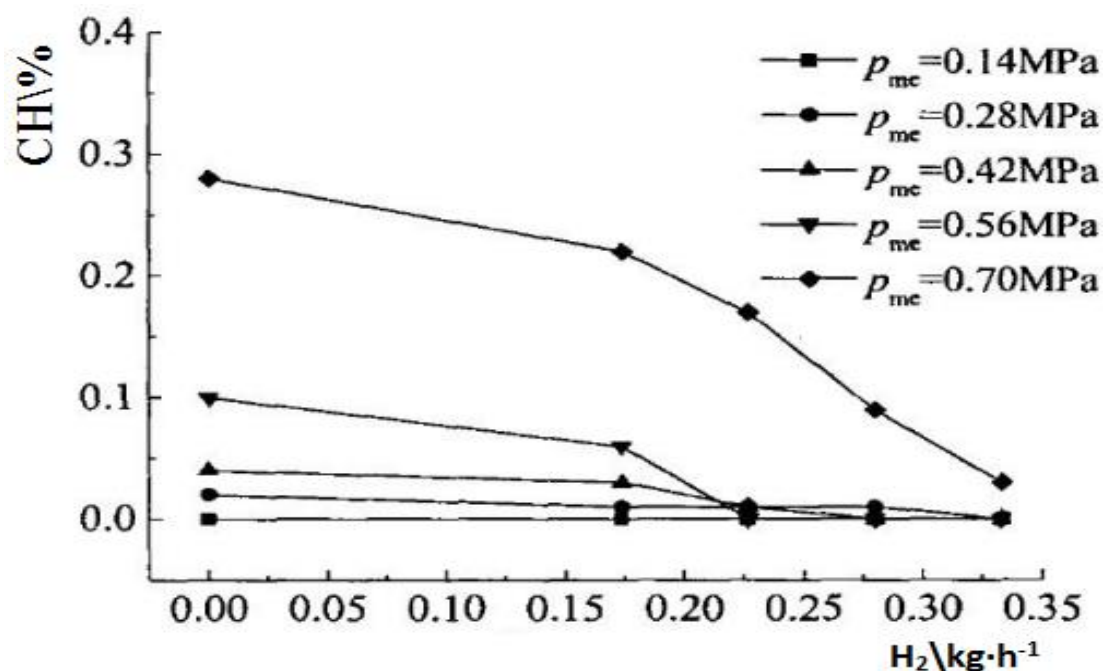


Рисунок 2.35 - Соотношение между выбросами СН и водородом при разных нагрузках

При низких и средних нагрузках выбросы СН медленно уменьшаются с увеличением водорода при том же среднем эффективном давлении; При большой нагрузке выброс СН уменьшается с увеличением водорода при среднем эффективном давлении, особенно когда количество водорода превышает 0.17 кг/ч.

2.2.6 Выбросы двуокись углерода СО₂

Соотношение между выбросами СО₂ и водородом при разных нагрузках рисунка 2.36, 2.37 видно, соотношение между характеристиками выбросов СО₂ и содержанием водорода при различных средних эффективных давлениях при оборотах двигателя 1300 об/мин и 2000 об/мин. Концентрация СО₂ - это объемная доля в выхлопных газах.

Из рисунка 2.36, 2.37 видно, что в условиях равной нагрузки выброс СО₂ постепенно уменьшается с увеличением количества водорода, а количество водорода оказывает более существенное влияние на выброс СО₂ при низкой нагрузке. Частота вращения двигателя n=2000 об/мин, среднее эффективное давление P_{мс} = 0.14 МПа, содержание водорода 0, 0.17, 0.22, 0.28, 0.33 кг/час по сравнению с горящим чистым дизельным топливом, концентрация

выбросов CO_2 (объемная доля) снизился на 20.6%, 47.2%, 64.7% и 82% соответственно; Когда частота вращения двигателя равна $n = 2000$ об/мин, а среднее эффективное давление равно 0.70 МПа, когда содержание водорода составляет 0, 0.1, 0.2, 0.28, 0.33 кг/ч, концентрация выбросов CO_2 (объемная доля) сравнивается с чистым дизельным топливом. снизился на 11.1%, 19.0%, 25.4%, 30.2%.

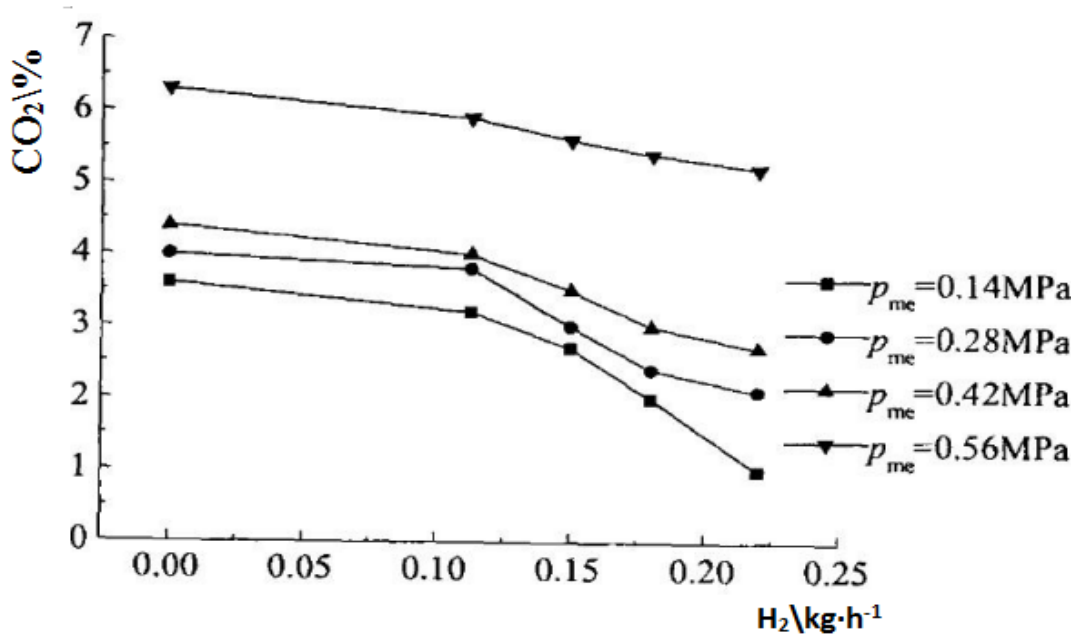


Рисунок 2.36 - Влияние водорода (H_2) на двуокись углерода (CO_2) при $n=1300$ об/мин

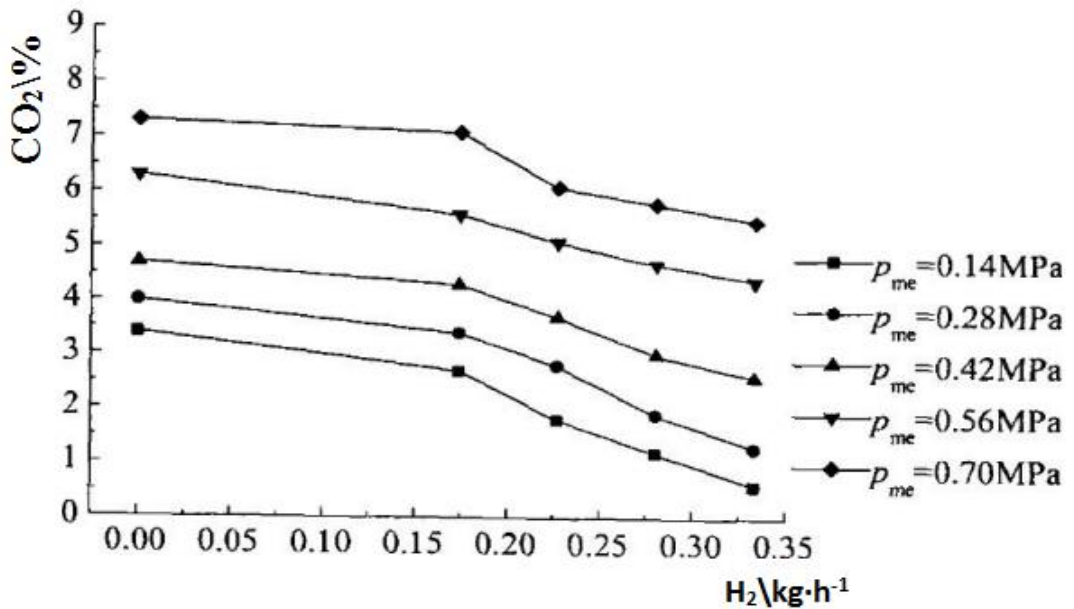


Рисунок 2.37 - Влияние водорода (H_2) на двуокись углерода (CO_2) при $n=2000$ об/мин

В университете Цинхуа на авиационно-космическом институте, Чжан Бо и др и Пекинском транспортном университете, Цао Чжэ провели эксперименты в лаборатории и получили следующие результаты. Добавление водорода в дизельные двигатели может снизить потребление дизельного топлива на 20%-30% или более (когда скорость потока водорода равна 0.2 кг/час, степень экономии дизельного топлива при 10.3 кВт составляет 20% и при 4 кВт. Экономия дизельного топлива достигает 32%). Это подтверждает, что добавление водорода может значительно увеличить экономию топлива для дизельного топлива и замедлить истощение нефтяных ресурсов. Высокая диффузионная способность водорода оказывает определённое влияние на увеличение экономии топлива. Повышение температуры водорода на впуске может снизить расход топлива на небольшую величину. При нагревании до 100°C скорость расхода топлива уменьшается примерно на 3 г/(кВт · ч). На рисунке показало, что комбинация смеси дизельного топлива и водорода может улучшить экономию топлива. После использования смеси топлива норма экономии топлива дополнительно увеличивается примерно на 3%.

3 Применение водорода в двигателе внутреннего сгорания на автомобиле Hyundai Santa Fe

3.1 Физические свойства водорода

Водород по сравнению с дизельным топливом имеет следующие характеристики:

Плотность водорода меньше, коэффициент диффузии более высокий, газовая смесь (водород и воздух) является однородной и скорость горения является высоким. Это благоприятно для быстрого смешивания и сжигания водорода и воздуха, поэтому водородный топливный двигатель обладает высокой тепловой эффективностью.

Поскольку водород характеризуется высокой теплотворной способностью, то топливная нагрузка автомобиля может быть уменьшена в два раза по сравнению с дизтопливом. Но из-за небольшой плотности водорода объем загрузки большой.

Энергия зажигания, требуемая для водорода низкая, что способствует водородному двигателю, работающему при частичной нагрузке. Но с другой стороны, легко может топливо преждевременно воспламениться.

Диффузионная способность водорода выше, чем дизтоплива. Коэффициент диффузии водорода $0.63 \text{ см}^2/\text{с}$, а коэффициент диффузии дизтоплива $0.078 \text{ см}^2/\text{с}$.

Водород наиболее лёгкий химический элемент, он в 14,38 раз легче воздуха. Будучи самым лёгким газом, водород обладает наибольшей скоростью диффузии [11].

3.2 Способы получения водорода

В настоящее время разработано множество способов производства водорода.

Для получения водорода его не нужно добывать, необходимо разорвать химические связи в углеводородах или воде и выделить его из реакционной смеси. Одним из устройств для получения водорода является паровой реформер, для которого существуют различные варианты питания.

В настоящее время крупнотоннажное производство водорода и водородосодержащих продуктов осуществляется в мире в основном путем паровой конверсии метана, являющегося основным компонентом природного газа и содержащего 25% водорода. Газификация — процесс высокотемпературного взаимодействия горючих ископаемых, в рассматриваемом случае — угля, с парами воды, кислородом, диоксидом углерода или их смесями, с целью получения горючих газов: H_2 , CO , CH_4 . Они могут использоваться как топливо и как сырье для химической промышленности.

В установках для получения водорода диссоциацией аммиака применяют катализаторы на основе окислов железа, и процесс проводят при температуре 600 - 700°C. В результате диссоциации получается газовая смесь с объемным содержанием 75% H₂ и 25% N₂ при атмосферном давлении. Энергозатраты на реакцию составляют 25 - 27 % от низшей теплоты сгорания получаемого водорода.

В качестве исходного сырья для получения водорода используется обычная вода, налитая в какую-нибудь ёмкость для проведения электролиза. Энергия для выделения водорода из воды берётся от автомобильного аккумулятора. Полученный в небольших количествах газ, направляется во впускной коллектор двигателя через шланг, где смешивается с дизельным топливом и смесь впрыскивается в цилиндр, как рисунок 3.1. Сгорание смеси происходит в сжатом и высокотемпературном воздухе цилиндра [12].

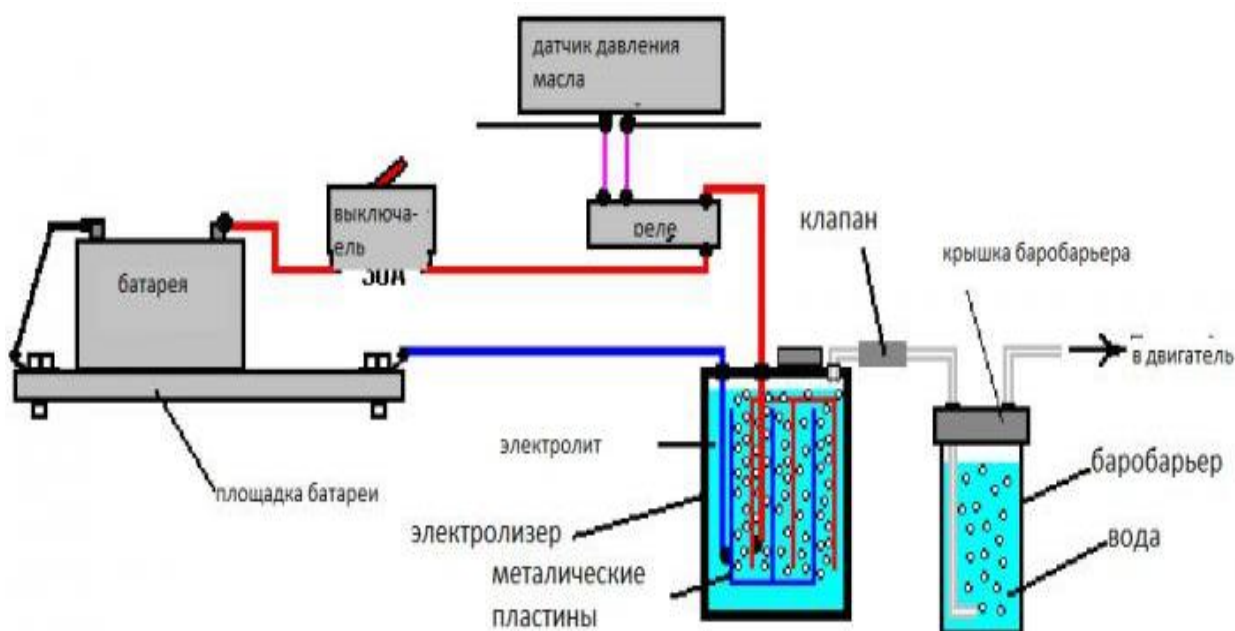


Рисунок 3.1 - Схема устройства для производства водорода

3.3 Установка механических компонентов

3.3.1 Установка генератора ННО

Чтобы ускорить поступление водорода в двигатель, генератору водорода нужно установить недалеко от двигателя. Поставить в том, что в передней решётке и радиаторе относительно велико, как рисунок 3.3, 3.4, недалеко от внутренней двигателя, воздух циркулирует, рассеивание тепла хорошее, а температура относительно низкая.

Генератор водорода нужно установить в месте, которое легко разобрать, осмотреть и очистить, закрепить и смонтировать с помощью кронштейна. И он не двигался и работал нормально на любой дороге.

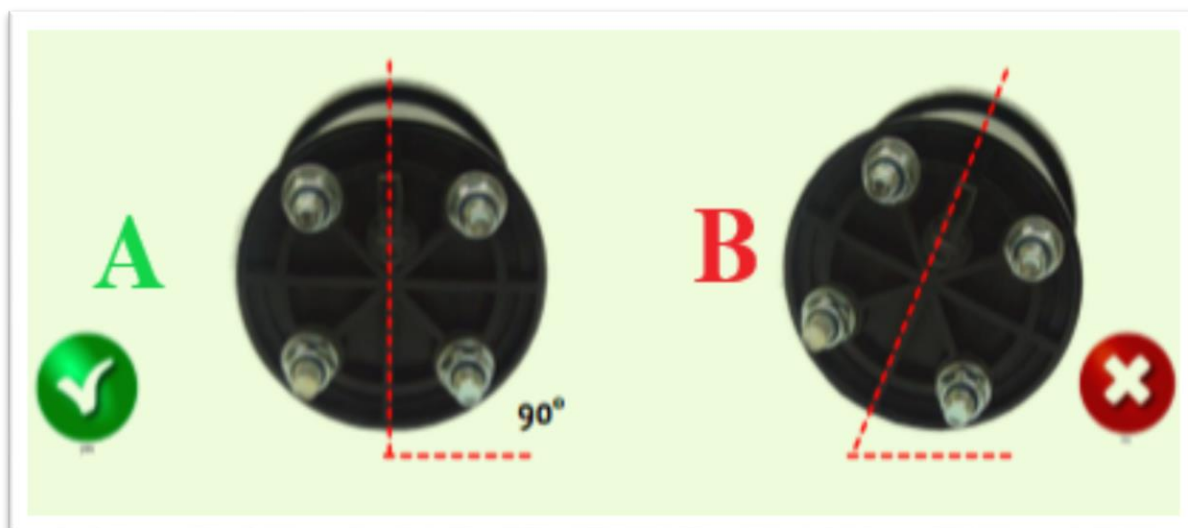


Рисунок 3.2 - Установка ННО

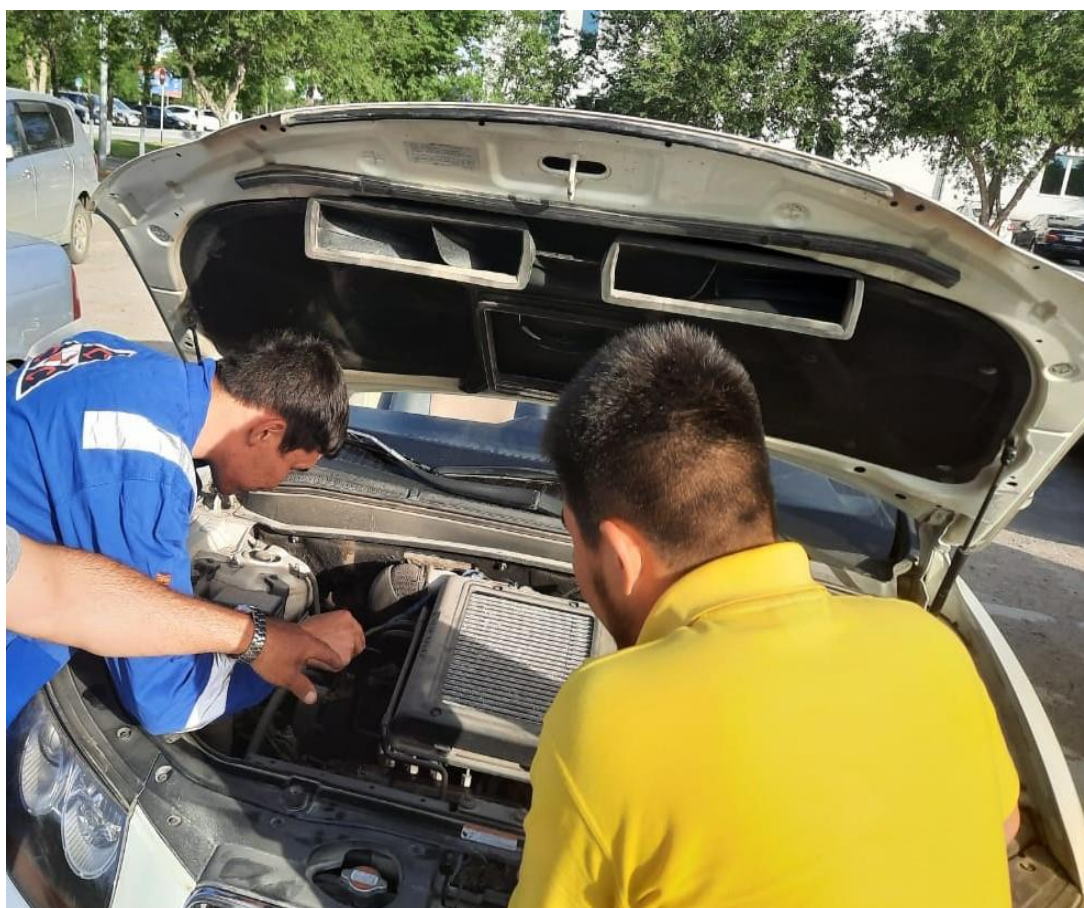
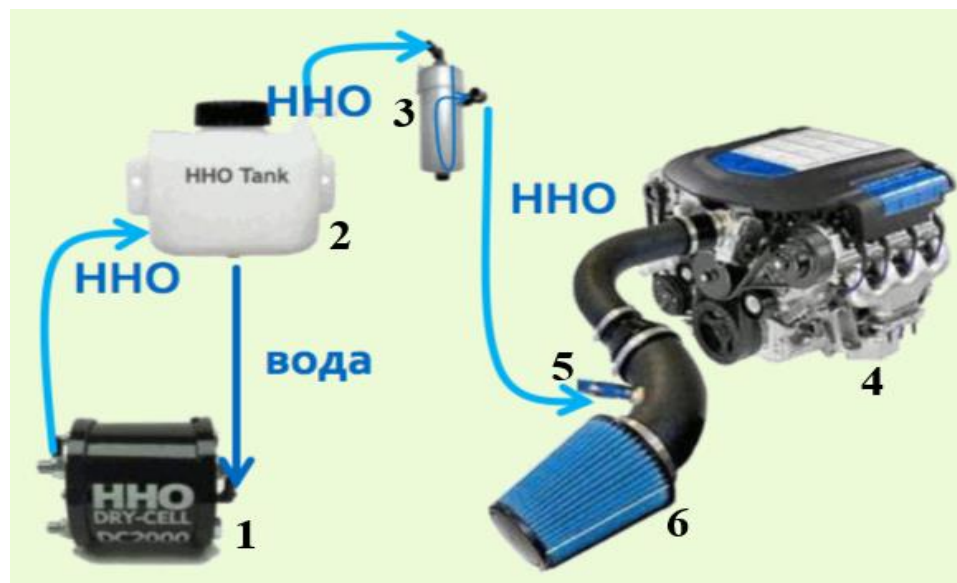


Рисунок 3.3 - Установка ННО на автомобиле Hyundai Santa Fe

Чтобы обеспечить достаточное давление воды для входа в генератор водорода, его нужно установить на расстоянии не менее 10 см от двигателя.

3.3.2 Общая конфигурация системы



1 - ННО генератор; 2 - бочонок воды; 3 - осушитель; 4 - двигатель; 5 - впускная труба 6 - воздушный фильтр.

Рисунок 3.4 - Система ННО

3.3.3 Установка осушителя, ННО шлангов

Осушителю также нужно установить в системе генератора водорода и нужно установить над ковшем более чем на 10 см, потому что он имеет такие функции: во-первых, он может очищать и сухой газообразный водород, а во-вторых, он обладает эффектом герметизации.

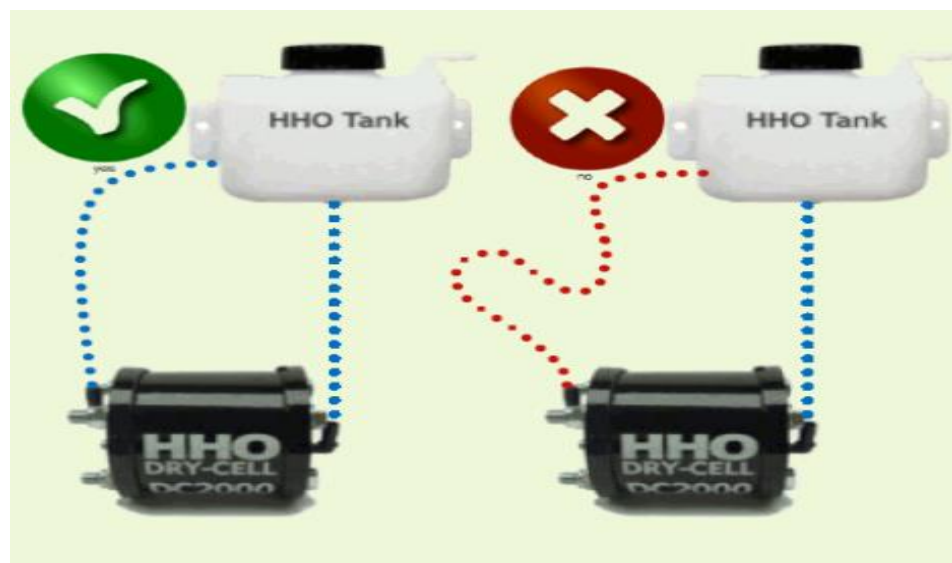


Рисунок 3.5 - Размещение воды и ННО шлангов

Чтобы обеспечить достаточное давление, баку нужно положить выше, чем генератор, и установка резервуара для воды такая же, как и установка генератора водорода. Шланг, соединяющий систему генератора водорода, нужно как можно более прямым, ему нельзя перегибать или изгибать. Потому что, если шланг неправильно установлен, циркуляция газа будет плавной, и производительность будет ухудшаться, что повлияет на результаты эксперимента. Стандартная схема установки шланга (на рисунке 3.5).

3.3.4 Точка впрыска ННО

Точке впрыска газа нужно установить рядом с впускным коллектором, после воздушного фильтра не устанавливайте отверстие в капоте, потому что во время работы двигателя его внутреннее давление воздуха выше, чем другие внешние давления, что приводит к недоступности водорода. Когда впускной коллектор повернут, чтобы облегчить герметизацию, следует отметить, что размер отверстия не должен быть слишком большим (около 8 мм), как рисунок 3.6, потом отверстие повернуть, все остатки следует очистить, чтобы избежать попадания в двигатель, и нанести клейкий клей. Это запечатано, чтобы избежать утечек воздуха. При первом его использовании необходимо выполнить вакуумное всасывание.



Рисунок 3.6 - Просверлите отверстие 8 мм близко к впускному коллектору

3.4 Установка электрических компонентов

3.4.1 Общая конфигурация системы

Чтобы генератор водорода работал должным образом, генератор водорода нужно установить на источник питания автомобиля в 12 вольт. Система установки показана на рисунке 3.7.

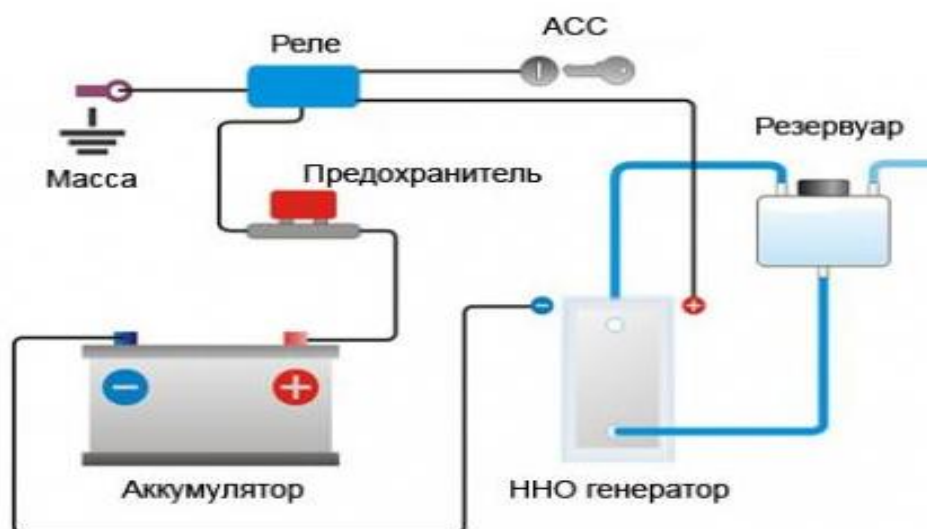


Рисунок 3.7 - Питания системы

3.4.2 Установка электрических соединений контактов ННО

- DC2000: + (NNNNN) - (NNNNN) + (NNNNN) -(NNNNN)



Рисунок 3.8.2 - Электрическое соединение контактов ННО.

3.4.3 Электrolитические установки

Чистая вода ионизируется под действием напряжения, поэтому электролиз чистой воды очень медленный и почти не происходит. Поскольку сама ионизация чистой воды очень ограничена, в этом эксперименте добавляются электролиты, чтобы повысить эффективность электролиза и получить требуемые водород.

В этом эксперименте КОН (гидроксид калия) использовался в качестве электролита из-за его сильной способности к электролизу и высокой скорости. Во время процесса электролиза температура воды будет непрерывно увеличиваться, и сопротивление в воде будет продолжать уменьшаться.

Этот эксперимент контролирует скорость образования водорода, контролируя концентрацию электролита [13], в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - DC2000 объём двигателя

DC2000 объём двигателя	ННО (л/мин)	Рабочий ток (А) начальная	Рабочий ток (А) окончательный
1.6 л дизельных - 1.4 л бензиновых	0.40	5.5	6.5
1.8 л дизельных - 1.6 л бензиновых	0.45	6.5	7.5
2.0 л дизельных - 1.8 л бензиновых	0.50	7.0	8.0
2.2 л дизельных - 2.0 л бензиновых	0.55	7.5	9.0
2.4 л дизельных - 2.2 л бензиновых	0.60	8.0	10.0

Мы добавляем газ ННО только с одной целью – помочь топливу полноценно сгореть. Если мы добавим слишком много водорода в двигатель, есть вероятность отсутствия экономии топлива, так как мы перегрузим электрический генератор автомобиля, что приведёт к повышению расхода топлива.

3.4.4 Уровень воды в баке

Во избежание попадания воды из водяного бака в двигатель через впускной шланг, при заполнении водяного бака его не следует заполнять, примерно 60% объёма впрыскивающего бака, как показано на рисунке 3.9 ниже, впрыскивается в положение водовода водяного бака, это общий объём резервуара для воды составляет 1 литр, который можно использовать примерно до 400 километров.

Поэтому мы непрерывно закачиваем соответствующую воду во время эксперимента, чтобы удовлетворить требования эксперимента.



Рисунок 3.9 - Стандартный уровень

3.4.5 Выбор электролита

Зависимость удельной электрической проводимости раствора от концентрации как рисунок 3.10.

Твёрдый промышленный гидроксид калия представляет собой чешуйки, сине-зелёные или лавандовые чешуйки или блоки, а жидкий промышленный гидроксид калия представляет собой бледно-жёлтую или сине-фиолетовую жидкость. Это прочное основание, обладающее сильной коррозионной активностью и удельным весом 2,044. Он легко растворяется в воде и выделяет много тепла при растворении.

Мыло промышленности, используется в химической промышленности для снега крем, шампунь и так далее. Промышленность химического сырья производит различные соли калия, такие как перманганат калия. Также используется в красителях, фармацевтике, гальванике, гравюре, литографии и других отраслях промышленности.

Относительная зависимость между концентрацией раствора КОН и проводимостью при той же температуре как рисунок 3.11.

Внешне гидроксид калия представляет собой кристаллические бесцветные палочки, шарики, хлопья[14].

Концентрация электролита для использования в системе зависит от типа электролита и чистоты продукты. Лучшие электролиты - КОН (гидроксид калия) как рисунок 3.12 и NaOH. Я использовал только электролит HNO КОН, чтобы обеспечить стабильную и эффективную работу HNO системы [15].

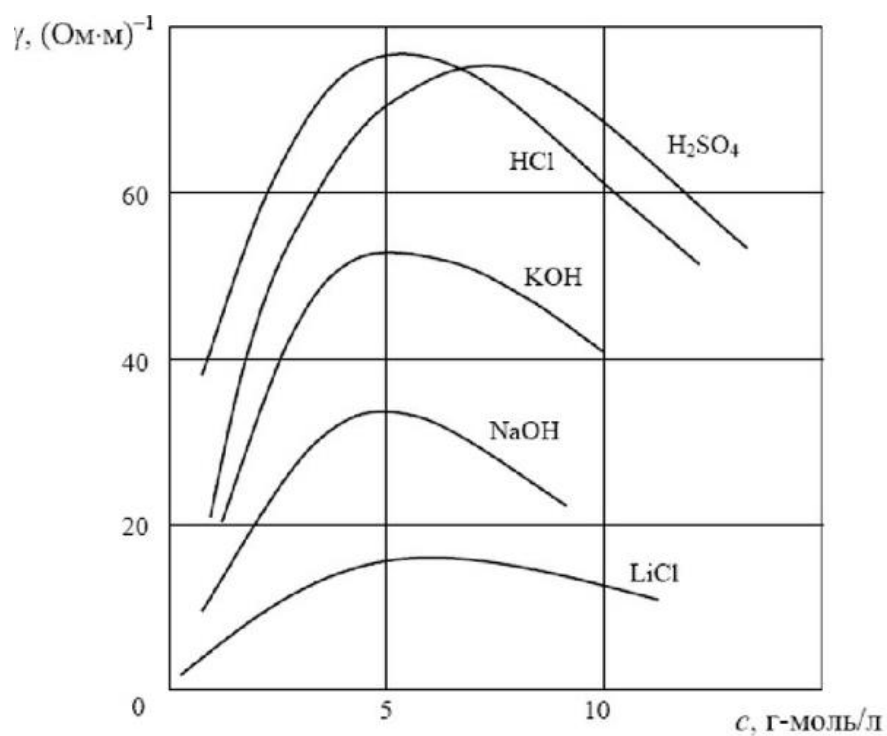


Рисунок 3.10 – Зависимость удельной электрической проводимости раствора от концентрации

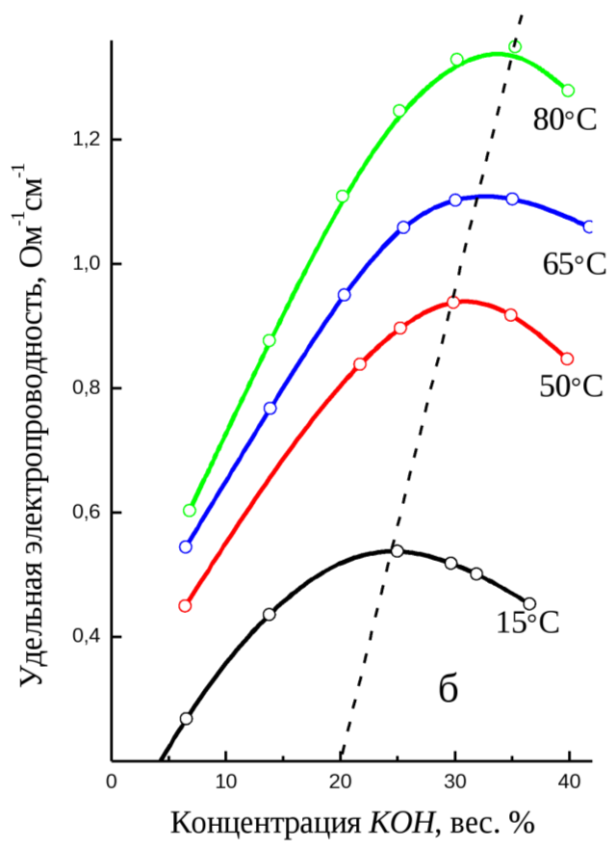


Рисунок 3.11 - Концентрация KOH

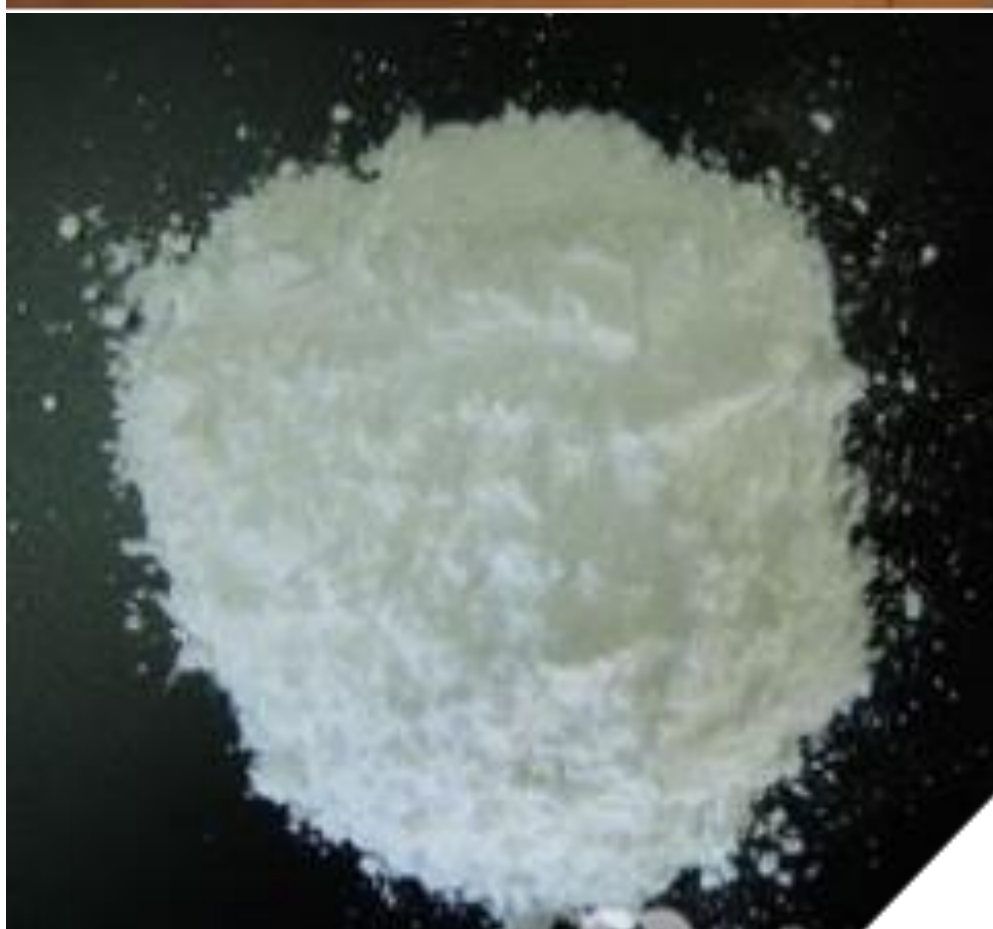


Рисунок 3.12 - Образец гидроксида калия (KOH)

3.5 Общие данные автомобиля Hyundai Santa Fe

Полная техническая характеристика автомобиля, на котором проводились натурные испытания приведен ниже в таблица 3.2.

Таблица 3.2 - Данные модели [16] Hyundai Santa Fe

Марка и модельный ряд:	Hyundai Santa Fe
Год выпуска:	2007
Тип кузова:	кроссовер
Количество дверей:	5
Двигатель:	
Количество и расположение цилиндров:	4, рядный
Марка топлива:	ДТ
Количество клапанов на цилиндр:	4
Мощность, л.с.:	150
Достигается при об. в мин.:	4000
Крутящий момент, Нм/об. в мин.:	335 / 1800
Максимальная скорость, км/ч:	179
Время разгона до 100 км/ч, сек.:	11.6
Расход топлива (смешанный цикл), л. на 100 км.:	7.3
Система газораспределения:	dohc
Диаметр цилиндра, мм:	87
Ход поршня, мм:	92
Коэффициент сжатия:	17.3
Привод:	
Тип привода:	полноприводный
Коробка передач:	
Коробка передач:	МКПП
Количество ступеней:	5
Габаритные размеры:	
Длина, мм:	4680
Ширина, мм:	1890
Высота, мм:	1720
Колесная база, мм:	2700
Прочее:	
Размер шин:	235/65R17
Снаряженная масса, кг:	1798
Допустимая масса, кг:	2200
Объем багажника, л:	969
Объем топливного бака, л:	75
Диаметр разворота, м:	10.9

3.5.1 Протокол проведение натуральных испытаний автомобиля с применением водородного генератора

Для проведения натуральных испытаний по теме магистерской диссертации, мною, за свой личный счет был приобретен на автомобиль Hyundai Santa Fe 2007 года с дизельным двигателем. Затем установил механические детали и электрические компоненты водородного генератора.

Натурные испытания проводил под руководством научного руководителя д.т.н., ассоциированного профессора Шалбаева К.К. по видео звонку WhatsApp.

После монтажа всех элементов водородного генератора провёл натурные экспериментальные исследования по следующим условиям и маршрутам:

1) трасса Атырау-Уральск, протяжённость проведение натуральных испытаний - 100 км, когда **концентрация гидроксида калия составляет 35 г/л.:**

а) при использовании водородного генератора, расход топлива с водородом 7,9л, (средняя скорость 88,5 км/час);

б) при выключенном генераторе водороде, расход топлива без водорода 11,3л, (средняя скорость 89,66 км/час).

В данных случаях относительная экономия топлива, $(G_{сВГ} - G_{бВГ}) / G_{бВГ} = 31\%$.

2) трасса Атырау-Уральск, протяжённость проведение натуральных испытаний - 100 км, когда **концентрация гидроксида калия составляет 50 г/л.:**

а) при использовании водородного генератора, расход топлива с водородом 6.5л, (средняя скорость 90,23 км/час);

б) при выключенном генераторе водороде, расход топлива без водорода 8,85л, (средняя скорость 91,4 км/час).

Т В данных случаях относительная экономия топлива, $(G_{сВГ} - G_{бВГ}) / G_{бВГ} = 33,6\%$.

3) по городу Атырау и по пригороду, протяжённость проведение натуральных испытаний - 200 км, когда **концентрация гидроксида калия составляет 50 г/л.:**

а) при использовании водородного генератора, расход топлива с водородом 16,3л; (средняя скорость 50,7 км/час);

б) при выключенном генераторе водороде, расход топлива без водорода 23,1л (средняя скорость 53,8 км/час).

В данных случаях относительная экономия топлива, $(G_{сВГ} - G_{бВГ}) / G_{бВГ} = 29.2\%$.

4) Измерил выхлопные газы автомобиля. Сравнительные данные по измерению основных выхлопных газов автомобиля приведены в таблице 3.4.

Протокол испытания и подробные данные проведения натуральных экспериментов автомобиля Hyundai Santa Fe, 2007 года выпуска, объем 2,2 л приведен ниже в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Hyundai Santa Fe, 2007 года выпуска, объем 2,2 л

Топливо	ДТ		
Концентрация КОН в дистилляте, (г/л)	35	50	50
Расход топлива с водородом, (л) $G_{свГ}$	7,9	6,5	16,3
Пробег автомобиля, (км), с ВГ,	100	100	200
Расход топлива без водорода, (л) $G_{бвГ}$	11,3	8,85	23,1
Пробег автомобиля, (км), без ВГ	100	100	200
Окружающего воздуха, (t°C)	16	16	18-20
Груз в автомобиле, (кг)	140		
Средняя скорость, (км/час), с ВГ, $V_{свГ}$	88,5	90,23	50,7
Средняя скорость, (км/час), ВГ, $V_{бвГ}$	89,66	91,4	53,8
Относительная экономия топлива, (%), $(G_{свГ} - G_{бвГ})/G_{бвГ}$	31	33,6	29,2

3.5.2 Сравнение выхлопных газов

Газоанализаторы Инфракар М предназначены для измерения объёмной доли оксида углерода, углеводородов (в пересчёте на гексан), диоксида углерода, кислорода в отработавших газах автомобилей с дизельными и бензиновыми двигателями. Результаты теста показаны на рисунках 3.13, 3.14 и таблице 3.4.



Рисунок 3.13 - Обнаружения выхлопа без ВГ



Рисунок 3.14 - Обнаружения выхлопа с ВГ

Таблица 3.4 - Данные по измерению выхлопного газа автомобиля Hyundai Santa Fe

Концентрация элементов	ДВС с ВГ	ДВС без ВГ
СО %	0.01	0.05
СН млн ⁻¹	006	044
СО ₂ %	15.15	15.2

Добавление небольшого количества водорода в дизельный двигатель уменьшает содержания вредных веществ в отработавших газах, а именно: окись углерода СО на 5 раза, углеводород СН 7 раза, двуокись углерода СО₂ не значительно увеличится.

3.5.3 Очистка генератора водорода. (КОН)

После того, как генератор водорода будет работать в течение некоторого времени, вода в баке станет коричневой, потому что концентрация электролита в баке (50 г/л) слишком высока, что слишком быстро выведет из строя пластину генератора. Для того чтобы избежать не нужных последствий необходимо во время очищать генератора водорода и слить воду в резервуар и использовать новую воду, чтобы начать эксперимент снова. Процесс очистки генератор водорода и системы выпуска отработавших газов автомобиля показаны на рисунках 3.15 и 3.16.

Стандартный бак имеет объем 1 литр, что даст возможность проехать примерно 400 километров. Слейте раствор и промойте систему водой, чтобы

вымывать всю грязь.

Использование генератора водорода в дизельном двигателе может увеличить эффективность двигателя и снизить расход топлива

Благодаря испытаниям и проведенным анализам по использованию генераторов водорода, можно сделать вывод, что он может улучшить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу выхлопных газов автомобилей и защитить окружающую среду[17, 18].



Рисунок 3.15 - Процесс очистки генератора водорода



Рисунок 3.16 - Процесс очистки системы выпуска отработавших газов автомобиля

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Натурные экспериментальные и исследовательские результаты показывают, что:

1. Добавление водорода в дизельные двигатели внутреннего сгорания может снизить расход топлива.

2. Количество сэкономленного топлива зависит от модели двигателя автомобиля, количества цилиндров, мощности двигателя и т. д.

3. Температура водорода, влажность, концентрация электролита влияют на расход топлива двигателя, высокая диффузионная способность водорода оказывает определенное влияние на увеличение экономии топлива, повышение температуры водорода на впуске может снизить расход топлива на небольшую величину.

4. Скорость двигателя автомобиля, в который добавляет водород, влияет на расход топлива.

5. При равном средней скорости движения концентрация выхлопных газов уменьшается с увеличением количества водорода.

6. В условиях малой нагрузки, расход дизельного топлива быстро уменьшается за счет увеличения подачи объема водорода. В других условиях с увеличением нагрузки расход дизельного топлива медленно увеличивается. Добавление водорода более чувствительно к улучшению расхода дизельного топлива при низкой нагрузке.

7. Добавление водорода в дизельные двигатели может снизить потребление дизельного топлива, это подтверждает, что добавление водорода может значительно увеличить экономию топлива для дизельного топлива и замедлить истощение нефтяных ресурсов.

8. Добавление водорода в двигатель внутреннего сгорания может снизить выбросы выхлопных газов автомобиля и уменьшить загрязнение окружающей среды, концентрация выбросов CO, CH, CO₂ связана с количеством водорода, добавляемого в двигатель, в условиях равной нагрузки выброс CO₂, CH, CO постепенно уменьшается с увеличением количества водорода, а количество водорода оказывает более существенное влияние на выброс CO₂ при низкой нагрузке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чжан Бо, Фу Вейбяо, «Влияние водорода на потребление дизельного топлива», «Наука и техника горения», том 12, выпуск 3, 2006,03.
2. Цуй Керун, Гао Сяохун, Тимошевский Б.Г. и др. Исследование гидрирования дизельного топлива для снижения расхода топлива [J]. Журнал Уханьского института инженеров водного транспорта, 1992, 16 (3): 253-259.
3. <https://max.book118.com/html/2015/0703/20310199.shtm>.
4. Шалбаев К.К., Торгаев Р.А., Кожатаев С.К. «Транспортировка скоропортящихся продуктов питания авторефрижераторами», научно-техническая конференция// Казахстан-Холод 2018: Сборник докладов VIII международная научно-техническая конференция (15-16 марта 2018 г.) – Алматы: АТУ, 2018. – С. 206-209. – ISBN 978-601-263-425-9.
5. Шалбаев К.К., Торгаев Р.А., Цой А.П. «Современные авторефрижераторы для перевозки скоропортящихся продуктов питания и их особенности», // Труды международной научно-практической конференции «Современные инновационные системы машиностроения и транспорта, интеграция науки, образования и бизнеса» – Алматы: Национальная академия наук машиностроения и транспорта республики Казахстан, 2018. – С. 60-62. – ISBN 978-601-212-067-7.
6. <http://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFQ&dbname=CJFD9093&filename=JTKJ199203002&v=MDAwNDFyQ1VSTEtWmVkcEZ5L2hWcjNJTНpυQVpMS3hGOVBNckk5RlpvUjhlWDFMdXhZUzdEaDFUM3FUcldNMUY=>.
7. Senthil Kumar M , Ramesh A, Nagalingam B. Use of hydrogen to enhance the performance of a vegetable oil fueled compression ignition engine [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2003,28:1143-1154.
8. Naber J D, Sieberg D L. Hydrogen combustion under diesel engine conditions [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 1998 , 23 (5) :363-371.
9. Цуй Керун, Гао Сяохун, Тимошевский Б.Г. и др. Исследование гидрирования дизельного топлива для снижения расхода топлива [J]. Журнал Уханьского института инженеров водного транспорта, 1992, 16 (3): 253-259.
10. Hou Lingyun, Fu Weibiao . Study on the mechanism of saving fuel consumption for emulsified fuel with wall catalytic reforming reaction [J]. Combustion Science and Technology, 2005, 177(4):671-689.
11. INFOMINE RESEARCH GROUP. Обзор рынка водорода в России. www.infomine.ru. Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов, металлургии и химической промышленности. Издание 2-ое, дополненное и переработанное. Демонстрационная версия, Москва, июнь, 2011.
12. <https://www.syl.ru/article/193464/newvodorodnyie-generatoryi-dlya-avtomobilya-svoimi-rukami-cherteji-shemyi-i-rukovodstvo>.
13. https://www.hho-plus.com/manuals/Russian_manual.pdf.
14. https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидроксид_калия.
15. <http://www.neboleem.net/gidroksid-kalija.php>.
16. Hyundai Santa Fe руководство пользователя.
17. Шалбаев К.К., Торгаев Р.А., Козбагаров Р.А., ЧэньЦань, «Снижения

расхода дизельного топлива и выбросов вредных веществ в двигателях внутреннего сгорания с применением генератора водорода». // Труды международной научно-практической конференции «Современные инновационные системы машиностроения и транспорта, интеграция науки, образования и бизнеса» – Алматы: Национальная академия наук машиностроения и транспорта республики Казахстан, 2018. – С. 62-65. – ISBN 978-601-212-067-7.

18. Шалбаев К.К., Болатов С.М., Камзанов Н.С. «Отын шығынын азайту және атмосфераға зиянды заттардың шығарылуын азайту үшін іштен жану қозғалтқыштарында сутегі генераторын пайдалану» Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан, <https://doi.org/10.51301/vest.su.2021.v143.i1>.

К.К. Шалбаев, С.М. Болатов, Н.С. Камзанов

Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

e-mail: n.kamzanov@mail.ru

ОТЫН ШЫҒЫНЫН АЗАЙТУ ЖӘНЕ АТМОСФЕРАҒА ЗИЯНДЫ ЗАТТАРДЫҢ ШЫҒАРЫЛУЫН АЗАЙТУ ҮШІН ІШТЕН ЖАНУ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫНДА СУТЕГІ ГЕНЕРАТОРЫН ПАЙДАЛАНУ

Аңдатпа. Соңғы жылдары автомобиль өнеркәсібі қарқынды дамып келеді, ал мұнай ресурстарының жетіспеушілігі және автомобиль шығарындыларынан туындаған қоршаған ортаның ластануы оны одан әрі дамыту үшін елеулі проблемалар туғызады. Сутегі баламалы мотор отыны ретінде отын үнемдеуді жақсартуда және зиянды газдар шығарындыларын азайтуда өзінің бірегей артықшылықтарына ие. Алайда, біз басқа да қасиеттерінің қымбаттығына байланысты балама отын ретінде сутекті тікелей пайдалана алмаймыз.

Негізгі сөздер: сутегі генераторы, зиянды заттар, атмосфера, іштен жану қозғалтқыштар, отын шығынын азайту.

Сутегі қосылған бензин отыны негізінде қозғалтқышты дамыту балама отынды тұтынатын зерттеулердің маңызды бағыты болып табылады.

Біз автомобиль өндірісінің өсуін тікелей тоқтата алмайтындықтан, әлемді ластанудан сақтау үшін әртүрлі әдістерді қолдануды ұсынамыз [1,2].

Сутегі-түссіз, иіссіз, дәмсіз және жердегі қалыпты жағдайда улы емес газ. Әдетте, ол диатомды молекула түрінде болады, яғни әр молекулада екі сутегі атомы болады;

Сондықтан таза сутегі әдетте «H₂» деп аталады. Сутегі-әлемдегі ең көп таралған элемент, ол әлем массасының 90 пайызын құрайды. Алайда, ол әдетте оның таза түрінде болмайды, өйткені ол басқа элементтермен оңай үйлеседі.

Бұл сонымен қатар стандартты қысым кезінде тығыздығы 0,08988 г/л болатын ең жеңіл элемент [1].

Сутектің отын ретінде қолданылуына әсер ететін бірнеше маңызды химиялық қасиеттері бар:

- ол оттегімен қосылып, осы планетада өмір сүру үшін өте қажет су түзеді;

- оның салмағы бойынша энергия мөлшері жоғары (бензиннен 3 есе көп), бірақ стандартты температура мен қысым кезінде көлемге энергия тығыздығы өте төмен. Көлемді энергия тығыздығын сутекті жоғары қысыммен сақтау немесе оны өте төмен температурада сұйықтық ретінде сақтау арқылы арттыруға болады. Сутекті металл гидридтеріне де сіңіруге болады;

- сутегі өте жанғыш; оны жағу және оны жағу үшін аз ғана энергия қажет. Сондай-ақ, ол жанғыштықтың кең спектріне ие, яғни ауа көлемінің 4-тен 74 пайызға дейін болса, ол жануы мүмкін;

- сутегі бозғылт көк, көрінбейтін жалынмен күйіп кетеді, бұл сутегі шамдарын көруді қиындатады;

- сутектің жануы көмірқышқыл газының (CO₂), қатты бөлшектердің немесе күкірттің шығарылуына әкелмейді. Ол кейбір жағдайларда азот оксиді (NOX) шығарындыларын шығара алады;

- сутекті жаңартылатын ресурстардан алуға болады, мысалы этанолды қайта құру (бұл процесс көмірқышқыл газының белгілі бір мөлшерін шығарады) және судың электролизі [2].

Сутектің нақты физикалық сипаттамалары осы қарапайым отыннан айтарлықтай ерекшеленеді. Бұл қасиеттердің кейбіреулері сутекті аз қауіпті етеді, ал сутектің басқа сипаттамалары белгілі бір жағдайларда оны теориялық тұрғыдан қауіпті етуі мүмкін. 1-кестеде отынның белгілі бір түрлерінің жану сипаттамалары келтірілген [3].

1-кесте. Сутегі, метан және бензиннің жану қасиеттері

Меншік	Сутегі	Метан	Бензин
Жанғыштық шектері (көлемі бойынша%)	4 – 7,5	5,3 – 15,0	1,2 – 6,0
Энергияның минималды жануы (мДж)	0,02	0,28	0,25
ҒТП кезіндегі жылдамдықтың ламинарлық жалыны (м/с)	1,90	0,28	0,37 - 0,43
Өздігінен тұтану	8,58	8,13	5,00 – 7,50

Қозғалтқыштың жұмысы.

Браун газы (ННО) деп аталатын сутегі мен оттегінің қоспасын коммерциялық бензинмен салыстыра отырып, ННО отынның химиялық құрылымы жағынан өте тиімді екенін атап өтеміз.

Сутегі мен оттегі ННО -да тәуелсіз кластерлері бар жанармай бірлігіне екі атом ретінде болады, ал бензин отыны мыңдаған ірі көмірсутек молекулаларынан тұрады.

Жанған кезде оның жалынның алдыңғы жағы цилиндр қабырғасының жоғары температурасынан бензин/ауаның әдеттегі жануына қарағанда әлдеқайда жоғары жылдамдықпен шығады.

Шығарылған ННО дығы мен жалынның жоғарылауына ықпал етті, бұл жану тиімділігінің артуына әкеледі.

Сондай-ақ, ННО газын отын/ауа қоспасына енгізу бензин отынының октан санына оң әсер етеді.

Сондықтан қозғалтқыштың сығылу коэффициентін арттыруға болады, сондықтан тиімділіктен үлкен пайда алуға болады. Сонымен қатар, қозғалтқыштың моментін барынша көбейту үшін тұтану уақытын көбейтуге болады [4].

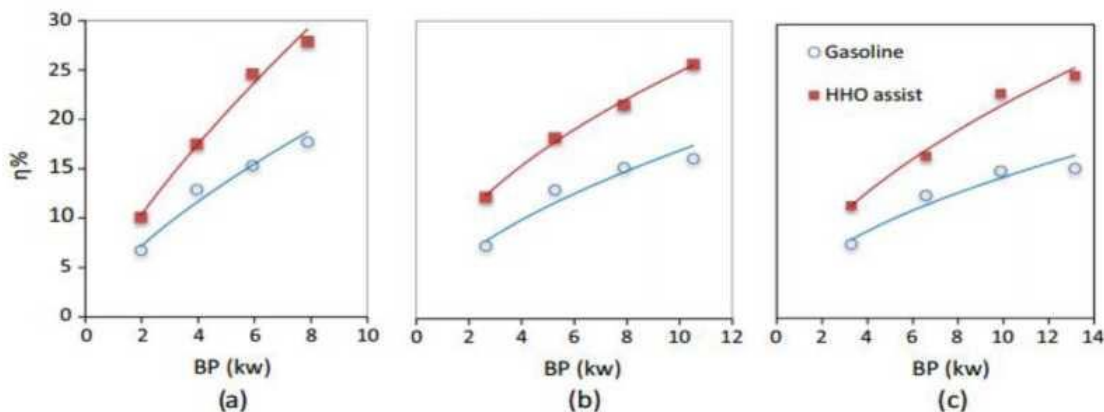
Генераторы бар ГЖҚ-дағы эксперименттік деректер.

СО шығарындылары жанармай мен қозғалтқыштың ауа қатынасына байланысты, сондықтан ННО -газ қоспасын қолдану жанармай шығынын азайту салдарынан пайдаланылған газда көміртегі тотығының болуын едәуір төмендетеді.

Вольтметр мен амперметр электр зертханасында калибрленді, ал динамометр калибрленді Александрия университетінің ішкі жану зертханасы.

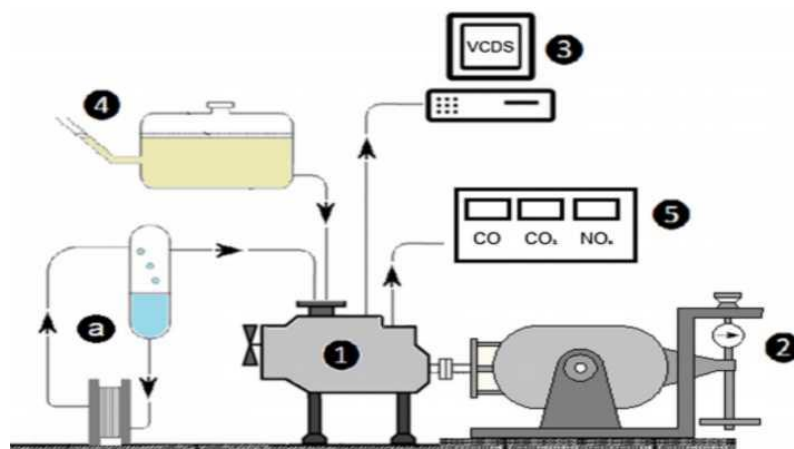
Қате 1% - дан аз екендігі анықталды. Төменде келтірілген қателерді талдау өлшенген деректердің белгісіздігін көрсетеді [5].

Кейбір сынақ нәтижелері 1-суретте көрсетілген.



1-сурет. ННО-мен жылу тиімділігін әр түрлі қозғалтқыш жылдамдығында таза бензин отынымен жақсарту
a-1500 айн/мин; b-2000 айн/мин; c - 2500 айн / мин

Бұл эксперименттер Skoda Felicia қозғалтқышында жүргізілді, оның сипаттамалары 2-кестеде келтірілген, сынақтар әртүрлі жүктемелермен 1500, 2000 және 2500 айн/мин айналу жиіліктерінде жүргізілді. Қозғалтқыштың әртүрлі параметрлері 2-суретте көрсетілген сынақ қондырғысында өлшенеді.



2-сурет. Сынақ стендінің схемалық диаграммасы

Қозғалтқыш жүктемесі Froude (2) гидравликалық динамометрімен, vag-Com (VCDS) (3) диагностикалық жүйелері арқылы қозғалтқыштың айналу жылдамдығымен және ауа ағынымен өлшенді, қозғалтқыштың отын шығыны өзін-өзі реттейтін көлбеу манометрмен (4) және TE488 (5) моделінің пайдаланылған газ анализаторымен қозғалтқыштың шығуымен өлшенеді.

Тестілеу hho ұяшығын пайдаланбай және қабылдау коллекторына қосылған ННО ұяшығын пайдалана отырып, негізгі отын ретінде бензинмен жұмыс істейтін алынған қозғалтқыш үшін жүргізіледі. Бұл қозғалтқышта айнымалы жүктеме кезінде тұрақты жылдамдық сынағы жасалды.

Қозғалтқыш тексеріліп, өлшенген мәліметтер ННО/бензин үшін де, бензин үшін де бірдей жұмыс жағдайларына жиналады. Қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін ННО генерациялау жүйесі қозғалтқыштың кіріс коллекторына екі разрядтауыш арқылы қосылады, олар кіріс коллекторының кері жүрісі жағдайында бензин қозғалтқышын жабады [6].

2-кесте. Қозғалтқыштың сипаттамасы

Қозғалтқыш моделі	Skoda Felicia 1.3 GLXi1.3 L (1289 см3)
Қозғалтқыш түрі	кіріктірілген, 4 цилиндрлі
Отын жүйесі	Көп нүктелі отын бүрку
Қысу коэффициенті	9,7:1
Максимум. қуат	5500 айн/мин кезінде 67,66 НР
Максималды момент	3750 айн/мин кезінде 102 Нм

ННО-ның Ford Laser автокөлігіне әсері (2016).

Зерттеу үшін 2016 жылғы Ford Laser автокөлігінде 1,5 литрлік төрт цилиндрлі ұшқын қозғалтқышы қолданылды. Бұл автомобиль қазіргі уақытта жолда жұмыс істейді, сондықтан өкілдік техникалық сипаттамаларды береді. Сынақ жабдықтары мен процедураларын орналастыру үшін шағын өзгерістер енгізілді. Көліктің егжей-тегжейлі сипаттамасы 3-кестеде келтірілген.

3-кесте. **Ford Laser** қозғалтқышының сипаттамасы

Қозғалтқыш моделі	Ford Laser, 2016 (1490 см3)
Қозғалтқыш түрі	4 цилиндрлі
Отын жүйесі	Көп нүктелі отын бүрку
Қысу коэффициенті	9,0:1
Максимум. қуат	5500 айн/мин кезінде 56,6 НР
Максималды момент	3000 айн/мин кезінде 117 Нм

Автомобильдің қуаты Жол динамометрінің көмегімен өлшенді.

Қуат динамометрдің максималды жүктемесінің үлесі ретінде көрсетілген. Шығарылған шығарындылар Nextech nga 6000 автомобиль ГАЗ анализаторымен өлшенді. Пайдаланылған газдың температурасы мен қоршаған ортаның температурасы к типті термопарамен басқарылды, пайдаланылған газдың температурасын өлшеу үшін пайдаланылған Термопара пайдаланылған газдың бүйір қабырғаларына тиіп кетпес үшін шығару коллекторына енгізілді [6].

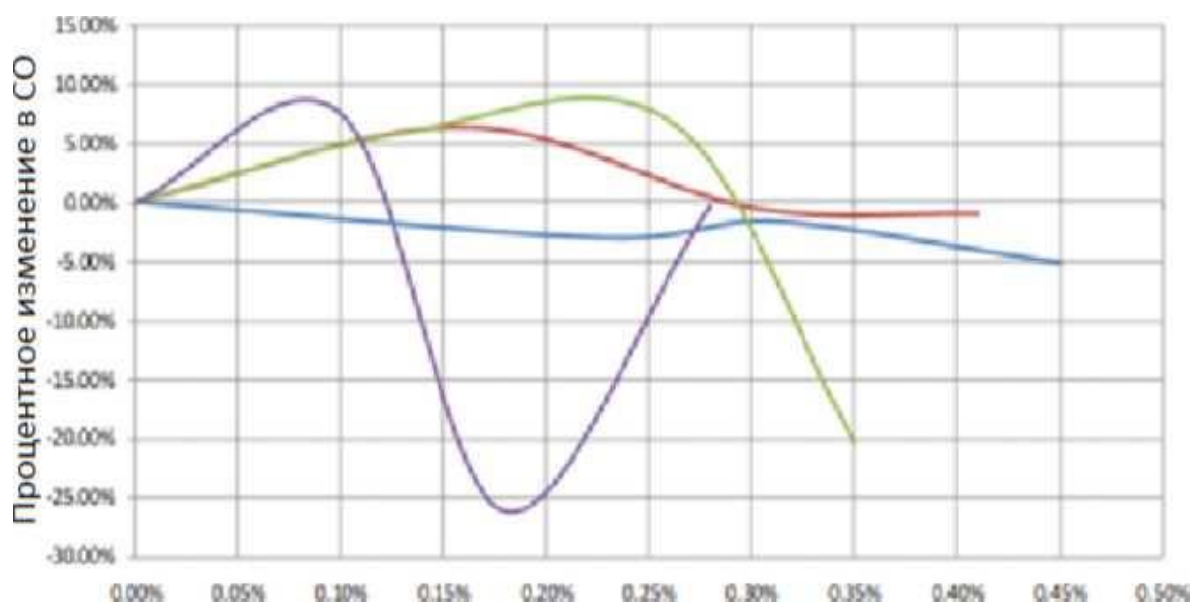
Сынақ кезінде өздігінен ағатын отынды өз өндірісінің дайын отын бағымен беру жүйесі қолданылды. Жанармай шығыны көрсетілген уақыт аралығында аяқталған резервуардан оқылды.

Қозғалтқыштың ауа-отын қатынасы 30% жүктеме кезінде 14,7 мәніне дейін калибрленген. Бұған карбюратордың қалқанын реттеу және пайдаланылған газдың құрамын бақылау арқылы қол жеткізілді.

ННО газ генераторы жүктемесіз басқарылды және ток пен газдың шығуы арасындағы қатынасты анықтады. Содан кейін ол эксперимент кезінде генераторды басқару жүйесінде жүзеге асырылды. Қозғалтқыштың негізгі сипаттамалары толық тестілеуден бұрын анықталды. Сынақтар 1000, 2000, 2500, 3000 және 3500 айн/мин жылдамдықта жүргізілді.

Шығарындылардағы өзгерістер ННО пайыздық функциясы және қозғалтқыштың әртүрлі айналымдары үшін динамометр жүктемесі ретінде бақыланды [7].

3-суретте кейбір сынақ нәтижелері көрсетілген.



3-сурет. ФБҰ-ның СО шығарындыларына әсері

Daewoo Matiz машинасында заттай сынау нәтижелері.

ННО-газдың шығарындыларға әсерін зерттеу бойынша заттай сынақтар жүргізілді және 2007 жылы шығарылған, көлемі 0,8 л Daewoo Matiz автомобилінің қозғалтқышы өндірілді. Өндірілген газ қозғалтқыштың қабылдау коллекторындағы таза ауамен араластырылды.

Daewoo Matiz машинасында пайдаланылған газдарды тәжірибеге дейін және кейін салыстыру.

Daewoo Matiz машинасында пайдаланылған газды өлшеу "Инфракар" газ анализаторының көмегімен жасалады. Daewoo Matiz-тегі бензин қозғалтқышының пайдаланылған газдарындағы көміртегі тотығының (CO), көмірқышқыл газының (CO₂) және көмірсутектің (HC) көлемді үлесін өлшедік. Заттай сынақтың нәтижелері 4-кестеде келтірілген.

4-кесте. **Заттай сынақтың нәтижелері**

Отын, бензин маркасы	ВГ-мен отын шығыны, л G _c ВГ	Авто-мобиль жүрісі ВГ-мен, км	ВГ-сыз отын шығыны, л G _b ВГ	Авто-мобиль жүрісі ВГ-сыз, км	Қоршаған ортаның температурасы, t°С	ВГ-мен орташа жылдамдық, км/сағ, V _c ВГ	ВГ-сыз орташа жылдамдық, км/сағ, V _b ВГ	Салыстырмалы отын үнемдеу (G _b ВГ - G _c ВГ)/G _b ВГ %	Концентрация ақпарат КОН-да дистилляте, г/л
АИ-92 Қаласында	4	100	5	100	+28	40,21	40,51	20	20
АИ-92 Тас жолда	3.5	100	4.5	100	+31	90,56	90,32	22,2	20

Қорытынды.

1. Бензин қозғалтқышында сутегі генераторын пайдалану қозғалтқыштың тиімділігін арттырып, отын шығынын азайтады.

2. Daewoo Matiz автомашинасында заттай сынақтар жүргізу барысында алынған нәтижелер 4-кестеде келтірілген.

3. Сутегі генераторын пайдалану ауаның ластану мәселесін толығымен шешпейді. Идеал шешім-сутегі отынына 100 пайыз автомобильдерді пайдалану. Әлемдік автоөндірушілер арзан сутегі көлігін өндіруді қарастыруы керек.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] 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».

[2] 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.

[3] 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.

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

[5] Брагинский О.Б. (2015). Альтернативные моторные топлива: мировые тенденции и выбор для России. Российская химия. — №6. — С. 137—147.

[6] 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>

[7] 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

REFERENCES

[1] Shalbaev K.K. Kanazhanov A.E. Abaj T. (2019). Puti umen'shenija vrednyh vybrosov v okruzhajushhuju sredu i snizhenija rashoda topliva v avtorefrizheratorah. IX Mezhdunarodnaja Nauchno - Tehnicheskaja Konferencija «Kazahstan - Holod 2019».

[2] 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.

[3] T. Abaj, K.K. Shalbaev. Generator vodoroda dvigatelej vnutrennego sgoranija dlja snizhenija rashoda benzina i umen'shenija vrednyh vybrosov v okruzhajushhuju sredu. Prinjata dlja pečhati v Mongol'skom Tehnichiskim Universitete ShUTIS.

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

[5] Braginskij O.B. (2015). Al'ternativnye motornye topliva: mirovye tendencii i vybor dlja Rossii. Rossijskaja himija. — №6. — S. 137—147.

[6] 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>

[7] 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

К.К. Шалбаев, С.М. Болатов, Н.С. Камзанов

Satbayev University, Алматы, Казахстан

e-mail: n.kamzanov@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА ВОДОРОДА В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА И СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ

Аннотация. В последние годы автомобильная промышленность быстро развивается, а нехватка нефтяных ресурсов и все более серьёзное загрязнение окружающей среды, вызванное выбросами автомобильных выхлопов, создает серьёзные проблемы для ее дальнейшего развития. Водород, как альтернативное моторное топливо имеет свои уникальные преимущества в улучшении экономий топлива и сокращении выбросов вредных газов. Однако мы не можем напрямую использовать водород в качестве альтернативного топлива из-за его высокой стоимости др. свойств.

Ключевые слова: генератор водорода, вредные вещества, атмосфера, двигатели внутреннего сгорания, снижение расхода топлива.

K.K. Shalbayev, S.M. Bolatov, N.S. Kamzanov

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

e-mail: n.kamzanov@mail.ru

USE OF A HYDROGEN GENERATOR IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES TO REDUCE FUEL CONSUMPTION AND REDUCE EMISSIONS OF HARMFUL SUBSTANCES INTO THE ATMOSPHERE

Abstract. In recent years, the automotive industry has developed rapidly, and the lack of oil resources and the increasingly serious environmental pollution caused by car exhaust emissions pose serious problems for its further development. Hydrogen, as an alternative motor fuel, has its own unique advantages in improving fuel economy and reducing harmful gas emissions. However, we cannot directly use hydrogen as an alternative fuel because of its high cost. properties.

Keywords: Hydrogen generator, Harmful substances, Atmosphere, Internal combustion engines, Reduced fuel consumption.

Отзыв научного руководителя

Магистерская диссертация

(вид работы)

Болатов Саламат Мұратұлы

(ф.и.о. магистранта)

7M07108 – «Технология и автоматизация транспорта и транспортных систем»

(шифр и наименование образовательной программы)

Тема: «Разработка и испытание новой конструкции Водородного Генератора (ВГ) для двигателей внутреннего сгорания с целью снижения расхода топлива и уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу»

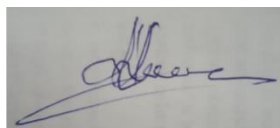
Болатов Саламат Мұратұлы, в процессе выполнения магистерской диссертации в полной мере использовал знания, полученные в университете. Магистерская диссертация выполнена в соответствии с заданием кафедры.

В ходе выполнения магистерской диссертации магистрант Болатов Саламат достиг поставленной цели, а именно: снижения расхода дизельного топлива и уменьшение вредных выбросов в окружающую среду за счет применения генератора водорода. Также задачи, которые были поставлены перед ним были выполнены в полном объёме, что свидетельствует о его исполнительности и дисциплинированности.

Представленная на защиту магистерская диссертация показывает уровень подготовки автора С.М. Болатова. В связи с выше изложенным Болатов С.М. после публичной защиты магистерской диссертации заслуживает присвоение академической степени «магистр» по образовательной программе 7M07108 – «Технология и автоматизация транспорта и транспортных систем» и его работу можно рекомендовать к публичной защите.

Научный руководитель

д.т.н., ассоциированный профессор
(должность, научная степень)



К.К. Шалбаев
Ф. А.Т.

«18» июня 2021г.

РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию

(наименование вида работы)

Болатов Саламат Мұратұлы

(Ф.И.О. обучающегося)

М104 – «Транспорт, транспортная техника и технологии»

(шифр и наименование специальности)

На тему: Разработка и испытание новой конструкции Водородного Генератора (ВГ) для двигателей внутреннего сгорания с целью снижения расхода топлива и уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу

Выполнено:

а) графическая часть на листах

б) пояснительная записка на 57 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

По рецензируемой работе имеются следующие замечания:

1. Не все таблицы имеют нумерацию и заголовки.

2. В пояснительной записке отсутствует ряд ссылок на таблицы и рисунки.

Оценка работы

Несмотря на замечание, полагаю, что магистерская диссертация заслуживает оценки «хорошо» (85 балл), а ее автор, Болатов Саламат заслуживает присвоения академической степени магистра по специальности М104 - «Транспорт, транспортная техника и технологии»

Рецензент

Рецензент, к.т.н. доцент
зав. кафедрой «АДТ и БЖД»
Есенгалиев М.Н.

«18» июня 2021

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Болатов Саламат Мұратұлы

Название: Разработка и испытание новой конструкции Водородного Генератора (ВГ) для двигателей внутреннего сгорания с целью снижения расхода топлива и уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу

Координатор: Калманбет Шалбаев

Коэффициент подобия 1: 2.4

Коэффициент подобия 2: 1

Замена букв: 25

Интервалы: 0

Микропробелы: 2

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

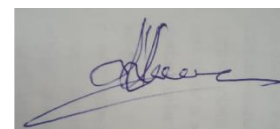
- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

Диссертационная работа выполнена самостоятельно, В обозначения в формулах показывается как замена букв.

«03» июня 2021г.

Дата



Подпись Научного руководителя

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Болатов Саламат Мұратұлы

Название: Разработка и испытание новой конструкции Водородного Генератора (ВГ) для двигателей внутреннего сгорания с целью снижения расхода топлива и уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу

Координатор: Калманбет Шалбаев

Коэффициент подобия 1:2.4

Коэффициент подобия 2:1

Замена букв:25

Интервалы:0

Микропробелы:2

Белые знаки:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, работа признается самостоятельной и допускается к защите.

.....
Дата

Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

.....
Работа допускается к защите
.....
.....
.....

.....
.....
.....
Дата

Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения