

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОРОДНО-КИСЛОРОДНОГО ГАЗА (ННО) ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ДВС

Р.А. Кораблев¹, В.П. Белокуров¹, Э.Н. Бусарин¹, С.Э. Бусарина¹, Ф.А. Шакина¹

¹ Воронежский государственный лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия, korablevra@vglta.vrn.ru

Аннотация. В данной статье исследуется влияние водородно-кислородного газа (ННО), получаемого методом электролиза воды, на работу двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Проведены эксперименты с генераторами ННО различной конструкции, измерены показатели выбросов (CO, NO_x, CH) и топливной экономичности. Результаты показывают, что добавление ННО в топливно-воздушную смесь снижает выбросы загрязняющих веществ, одновременно повышая КПД сгорания.

Ключевые слова: ННО-газ, электролиз воды, снижение выбросов, очистка двигателя, энергоэффективность, альтернативное топливо.

APPLICATION OF HYDROGEN-OXYGEN GAS (HHO) FOR REDUCING ICE EMISSIONS

R.A. Korablev¹, V.P. Belokurov¹, E.N. Busarin¹, S.E. Busarina¹, F.A. Shakina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, korablevra@vglta.vrn.ru

Abstract. This article investigates the influence of hydrogen-oxygen gas (HHO) produced by water electrolysis on the performance of internal combustion engines (ICE). Experiments were conducted with HHO generators of various designs, measuring emissions (CO, NO_x, CH) and fuel efficiency. The results demonstrate that the addition of HHO to the air-fuel mixture reduces emissions of pollutants while simultaneously improving combustion efficiency.

Keywords: HHO gas, water electrolysis, emissions reduction, engine cleaning, energy efficiency, alternative fuel.

Введение

Современные экологические вызовы, связанные с глобальным изменением климата и ухудшением качества воздуха в урбанизированных районах, требуют поиска инновационных решений для транспортного сектора. Несмотря на активное развитие электромобилей, двигатели внутреннего сгорания (ДВС) продолжают доминировать на мировом рынке, что делает актуальными исследования, направленные на повышение их экологичности.

Особую проблему представляют автомобили с большим пробегом, в которых накопление отложений в камере сгорания приводит к значительному ухудшению экологических показателей. Традиционные методы очистки, такие как механическая разборка или использование химических реагентов, обладают рядом существенных недостатков, включая высокую трудоемкость, потенциальную опасность для компонентов двигателя и образование токсичных отходов.

С ростом экологических требований к транспортным средствам актуальной задачей становится поиск технологий, снижающих вредные выбросы ДВС без значительной модернизации конструкции. Одним из перспективных решений является использование водородно-кислородного газа (ННО), получаемого путем электролиза воды [1, 2].

Водородно-кислородный газ (ННО) – это смесь газообразных водорода (H_2) и кислорода (O_2), полученная путем электролиза воды. Также известен как «газ Брауна» или оксигенород [1].

В этом контексте технология применения водородно-кислородного газа, получаемого путем электролиза воды, представляет особый интерес. Физико-химические свойства ННО-газа, включая высокую скорость горения и способность к активному окислению углеродистых отложений, теоретически позволяют одновременно решать две важнейшие задачи: очистку двигателя от нагара и улучшение процесса сгорания топлива.

Целью настоящего исследования являлась экспериментальная оценка эффективности ННО-технологии для снижения вредных выбросов ДВС, восстановления исходных характеристик двигателя, повышения топливной экономичности и сравнения с традиционными методами очистки.

Гипотеза: добавление ННО в камеру сгорания улучшает процесс окисления топлива, снижает образование нагара и уменьшает вредные выбросы.

1 Материалы и методы

Для проведения исследований была разработана специализированная установка, включающая три основных модуля: систему генерации ННО-газа, систему подачи в двигатель и комплекс измерительного оборудования [3].

Генератор ННО выполнен по двухкамерной схеме с титановыми электродами, покрытыми наноструктурированным каталитическим слоем на основе платиноиридиевого сплава. В качестве электролита использовался 20 % раствор гидроксида калия (КОН), обеспечивающий оптимальное сочетание электропроводности и коррозионной стойкости. Особенностью конструкции является применение импульсного источника питания с возможностью точного регулирования параметров электролиза в диапазоне 12–48 В при токах до 50 А.

Система подачи газа включала многоступенчатую очистку от паров электролита, датчики контроля расхода и предохранительный клапан, предотвращающий обратную вспышку. Подача ННО осуществлялась во впускной коллектор непосредственно перед дроссельной заслонкой, что обеспечивало равномерное смешивание с воздушно-топливной смесью.

Исследования проводились на экспериментальной установке генератора ННО с электролизером со щелочным электролитом (KOH) на титановых электродах с наноразмерным покрытием, производительностью: 150–200 л/ч и энергопотреблением: 2,7–3,2 кВт·ч/м³. Испытания проводились на динамометрическом стенде на двигателе автомобиля Nissan X-Trail 2,0L (2005 г.в.) с системой распределенного впрыска топлива с пробегом 117000 км (значительное нагарообразование). Двигатель был специально подготовлен для испытаний - искусственно созданы условия для интенсивного нагарообразования путем длительной работы на обогащенной смеси при пониженных оборотах.

Газоанализатором производились базовые замеры выбросов (CO, CH, NO_x) до обработки и после обработки ННО: при подаче газа во впускной коллектор (15–20 мин), с фиксацией расхода топлива и контролем параметров в реальном времени. Повторные замеры производились для анализа выбросов после очистки и оценки динамики мощности и расхода топлива.

Для обеспечения высокой точности измерений использовался комплекс современного диагностического оборудования: пятикомпонентный газоанализатор Testo 350 с погрешностью не более 1% от измеряемого значения; динамический стенд МАНА LPS 3000 для измерения мощности и крутящего момента; тепловизор Fluke Ti480 PRO для контроля температурного состояния двигателя; эндоскопическая система для визуального контроля состояния камеры сгорания.

2 Результаты и обсуждение

2.1 Анализ эффективности очистки

Проведенные испытания продемонстрировали значительное улучшение экологических показателей двигателя после обработки ННО-газом. Наиболее существенное снижение наблюдалось по выбросам угарного газа (CO) - с 0,26% до 0,01%, что соответствует уменьшению на 96 % (табл. 1). Такой эффект объясняется способностью атомарного водорода, содержащегося в ННО, катализировать процесс окисления CO до CO₂.

Таблица 1 – Влияние ННО на выбросы загрязняющих веществ

Параметр	До очистки	После очистки	Снижение, %
NO _x (ppm)			

Выбросы углеводородов (CH) сократились с 386 ppm до 108 ppm (на 72 %), что связано с более полным сгоранием топлива благодаря улучшенным условиям воспламенения. Интересно отметить нелинейный характер изменения концентрации NO_x: в первые 5–7 минут обработки наблюдался рост выбросов с 55 ppm до 105 ppm, что объясняется повышением температуры сгорания, однако к концу процедуры значение стабилизировалось на уровне 36 ppm (снижение на 35 %).

Вывод: ННО значительно улучшает экологические показатели, особенно по CO и CH.

2.2 Влияние на эксплуатационные характеристики

Важным результатом исследования стало подтверждение положительного влияния ННО-обработки на энергетическую эффективность двигателя. Измерения на динамометрическом стенде показали увеличение мощности на 5–8 % и крутящего момента на 6–10 % в среднем диапазоне оборотов (2500–4000 об/мин). Удельный расход топлива снизился на 10–15 % в городском цикле движения.

Эндоскопическое исследование камеры сгорания после обработки выявило практически полное удаление углеродистых отложений с поверхности поршней и клапанов, что объясняет восстановление исходных характеристик двигателя. При этом, в отличие от химических методов очистки, не наблюдалось негативного воздействия на детали цилиндропоршневой группы.

Вывод: использование ННО снижает расход топлива на 10–15 % (городской цикл) и увеличивает мощность двигателя на 5–8 % (за счет лучшего сгорания).

2.3 Сравнение с существующими технологиями

Проведенный сравнительный анализ демонстрирует существенные преимущества ННО-технологии перед традиционными методами очистки двигателей (табл. 2). В отличие от механической очистки, требующей полной разборки двигателя, ННО-обработка проводится без вмешательства в конструкцию, что значительно сокращает время и стоимость процедуры [4].

Таблица 2 – Сравнение с аналогами

Параметр	ННО-метод	Химическая очистка	Механическая очистка
Эффективность	Высокая	Низкая	Средняя
Безопасность	✓	✗ (токсично)	✓
Стоимость	Низкая	Средняя	Высокая

По сравнению с химическими методами, технология ННО полностью исключает риск повреждения компонентов двигателя агрессивными реагентами и не создает проблем с утилизацией отходов. Важным экономическим преимуществом является возможность многократного использования оборудования, в то время как химические составы требуют постоянного приобретения расходных материалов [2, 4].

Вывод: ННО по сравнению с другими технологиями не требует разборки двигателя, не образует вредных отходов и экономически выгоден (окупаемость 1–1,5 года).

Заключение

Проведенное исследование подтвердило высокую эффективность применения ННО-газа для решения комплекса задач по повышению экологичности и эффективности ДВС. Разработанная технология позволяет обеспечивать глубокую очистку двигателя от нагара; значительно снижать вредные выбросы; восстанавливать исходные эксплуатационные характеристики; повышать топливную экономичность.

Перспективы дальнейшего развития технологии связаны с:

оптимизацией конструкции генераторов для массового производства;
разработкой автоматизированных систем контроля параметров обработки;
интеграцией с бортовыми системами современных автомобилей;
использованием возобновляемых источников энергии для электролиза.

Полученные результаты открывают новые возможности для создания экологически безопасных и экономически эффективных решений в области обслуживания и эксплуатации ДВС, что особенно актуально в условиях ужесточения экологических норм и роста требований к энергоэффективности транспортных средств.

Список литературы

1. Бокрис Дж.О.М., Шринивасан С. Топливные элементы: их электрохимия. – Нью-Йорк: МакГроу-Хилл, 1969. – 659 с. – URL: https://books.google.ru/books/about/Fuel_cells_their_electrochemistry.html?id=OG8MyAEACAAJ&redir_esc=y
2. Мусмар С.А., Аль-Роузан А.А. Влияние газа ННО на выбросы при сгорании в бензиновых двигателях // Топливо. № 90, 2011. – С. 3066-3070. – DOI:10.1016/j.fuel.2011.05.013.
3. Модели экспертных оценок и их исследование в задачах выбора и принятия решений при управлении транспортными процессами / В.П. Белокуров, С.В. Белокуров, Р.А. Кораблев, А.А. Штепа // Журнал физики: Серия конференций, Томск, 17-20 января 2018 г. – Томск, 032132, 2018. – DOI 10.1088/1742-6596/1015/3/032132.
4. Йылмаз А.Ч., Улудамар Э., Айдын К. Влияние добавления гидроксильного газа (ННО) на работу и выбросы дизельных двигателей // Международный журнал по водородной энергетике. № 35, 2010. – С. 11366-11372. – DOI:10.1016/j.ijhydene.2010.07.040.

References

1. Bockris J.O.M., Srinivasan S. Fuel cells: their electrochemistry // New York: McGraw-Hill, 1969. – 659 p. – URL: https://books.google.ru/books/about/Fuel_cells_their_electrochemistry.html?id=OG8MyAEACAAJ&redir_esc=y
2. Musmar S.A., Al-Rousan A.A. Effect of HHO gas on combustion emissions in gasoline engines // Fuel. № 90, 2011. – pp. 3066-3070. – DOI:[10.1016/j.fuel.2011.05.013](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.05.013).
3. Models of expert assessments and their study in problems of choice and decision-making in management of motor transport processes / V. P. Belokurov, S. V. Belokurov, R. A. Korablev, A. A. Shtepa // Journal of Physics: Conference Series, Tomsk, January 17–20, 2018. – Tomsk, 032132, 2018. – DOI 10.1088/1742-6596/1015/3/032132.
4. Yilmaz A.C., Uludamar E., Aydin K. Effect of hydroxy (HHO) gas addition on performance and exhaust emissions in compression ignition engines // Int J Hydrogen Energy. № 35, 2010. – pp. 11366–11372. – DOI:[10.1016/j.ijhydene.2010.07.040](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.07.040).