

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФОТОНИКА

УДК 629.331

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ СГОРАНИЯ АВТОМОБИЛЯ ПУТЕМ ЕГО ДОБАВЛЕНИЯ ВО ВПУСКНУЮ СИСТЕМУ

© 2023 г. Е. О. Чашин^{1,*}, Д. Грэждиеру¹, С. А. Чмаев¹, А. С. Федотов¹,
В. Д. Радченко¹, А. А. Малаховецкий¹

¹Военный инновационный технополис «ЭРА», Анапа, Россия

*E-mail: era_1@mil.ru

Поступила в редакцию 09.10.2023 г.

После доработки 09.10.2023 г.

Принята к публикации 17.11.2023 г.

Проведено исследование влияния водородного топлива на экологические показатели работы двигателя внутреннего сгорания автомобильного транспорта. Предпринята попытка снизить концентрации вредных веществ в отработавших газах автомобильного транспорта с двигателем внутреннего сгорания при добавлении газа ННО в топливовоздушную смесь через впускной коллектор. продемонстрировано получение газа ННО на борту автомобиля методом электролиза. Представлены опытная конструкция генератора газа ННО и результаты замеров состава выхлопных газов с помощью газоанализатора на испытуемом автомобиле с бензиновым двигателем внутреннего сгорания.

DOI: 10.56304/S2782375X23040022

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время повышение концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, связанное с интенсивным ростом количества автомобилей с двигателем внутреннего сгорания, является актуальной проблемой экологического характера.

При проектировании автомобиля в него закладываются экологические нормы, которые в процессе эксплуатации не должны превышать. Регулировка токсичности в современных автомобилях либо совсем не требуется (недоступна простому пользователю), так как она уже заложена в программе блока управления двигателя, или сильно ограничена. Этого нельзя сказать о карбюраторных двигателях, где токсичность напрямую зависит от регулировки и настройки карбюратора, системы питания и непосредственно зажигания.

Существует несколько путей для снижения концентрации вредных веществ в отработавших газах, которые выделяются автомобилями и другими транспортными средствами с двигателями внутреннего сгорания, работающими на нефтяном топливе. Основными направлениями снижения концентрации вредных веществ в отработавших газах являются [1]:

– применение различных способов очистки отработавших газов от токсичных и вредных компонентов (каталитические нейтрализаторы, сажевые фильтры и т.д.);

– повышение качества топлива (снижение содержания серы, фильтрация и добавление присадок в топливо);

– совершенствование процессов сгорания топлива и параметров смесеобразования.

Добавление газа ННО в топливовоздушную смесь через впускной коллектор двигателя внутреннего сгорания относится к последнему из указанных выше направлений.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Известно, что в 1974 г. австралиец Юлл Браун запатентовал создание аппарата, который вырабатывал кислородно-водородную смесь в соотношении 2 : 1 (газ ННО). Почти три десятка лет Браун пытался продвинуть свою смесь в качестве топлива, поэтому газ ННО также называется газом Брауна.

Обычные кислород и водород существуют в виде O_2 и H_2 (т.е. молекулы обоих газов имеют по два атома). Такое состояние для кислорода и водорода является более устойчивым, чем состояние отдельно существующих атомов в виде заряженных ионов [2].

В газе Брауна молекулы водорода и кислорода находятся в одноатомном состоянии (один атом на молекулу) [3]. На рис. 1 изображено разложение воды на атомы кислорода и водорода.

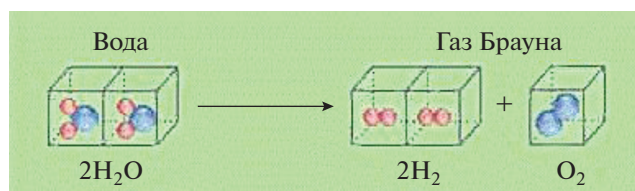


Рис. 1. Разложение воды на атомы кислорода и водорода.

Одним из самых простых способов получения газа Брауна для реализации его в автомобилях с двигателем внутреннего сгорания является процесс электролиза воды. В свою очередь аппараты, в которых применяется процесс электролиза для получения газа ННО, называются электролизерами.

В качестве раствора, который содержит в себе большую концентрацию ионов, обеспечивающих прохождение электрического тока (электролита), в данной работе рассматривали серную кислоту (H_2SO_4), гидроксид натрия ($NaOH$) и гидроксид калия (KOH). На рис. 2 представлены графики зависимости электропроводности электролитов от их концентрации в водном растворе.

По итогу анализа электролитов был выбран 30%-процентный щелочной раствор KOH , так как по сравнению с серной кислотой (H_2SO_4) это вещество невзрывоопасное и непожароопасное, а также менее агрессивное по воздействию на человека и резиновые уплотнители. В свою очередь гидроксид калия (KOH) также является более предпочтительным по сравнению с гидроксидом натрия ($NaOH$), так как имеет более высокие показатели электропроводности.

Количественные характеристики электролиза выражаются двумя законами Фарадея:

– масса вещества, выделяющегося на электроде, прямо пропорциональна количеству электричества, прошедшего через электролит;

– при электролизе различных химических соединений одинаковые количества электричества выделяют на электродах массы веществ, пропорциональные их электрохимическим эквивалентам.

Эти два закона можно объединить в одном уравнении:

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n} \cdot I \cdot t, \quad (1)$$

где m – масса вещества, выделяющегося при прохождении через электролит количества электричества q (г); q – количество электричества или заряд ($A \cdot c$); F – постоянная Фарадея (96500 Кл/моль); M – молярная масса (кг/моль); n – валентность; I – сила протекающего тока (А); t – время прохождения тока (с).

Из формулы (1) видно, что масса вещества прямо пропорциональна силе протекающего тока. То есть чем больше сила тока, тем больше газа ННО выделяется в электролизере.

Следующим этапом с помощью системы автоматизированного проектирования Solidworks разработали и изготовили опытную конструкцию электролизера – генератора газа ННО. Его конструкция и общий вид представлены на рис. 3. Проектирование, разработку конструкции генератора газа ННО, а также подбор материалов осуществляли исходя из следующих требований:

– бак с рабочей жидкостью (электролитом) и блок пластин (реактор) должны быть единым целым для обеспечения компактности и простоты установки;

– масса всего изделия не должна превышать 5 кг;

– конструкция изделия должна обеспечивать герметичность и устойчивость к воздействиям внутренних нагрузок (температурные воздей-

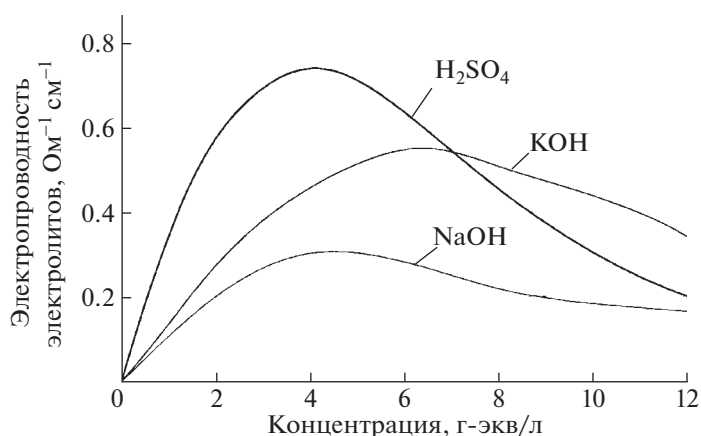


Рис. 2. График зависимости электропроводности электролитов от их концентрации в водном растворе.

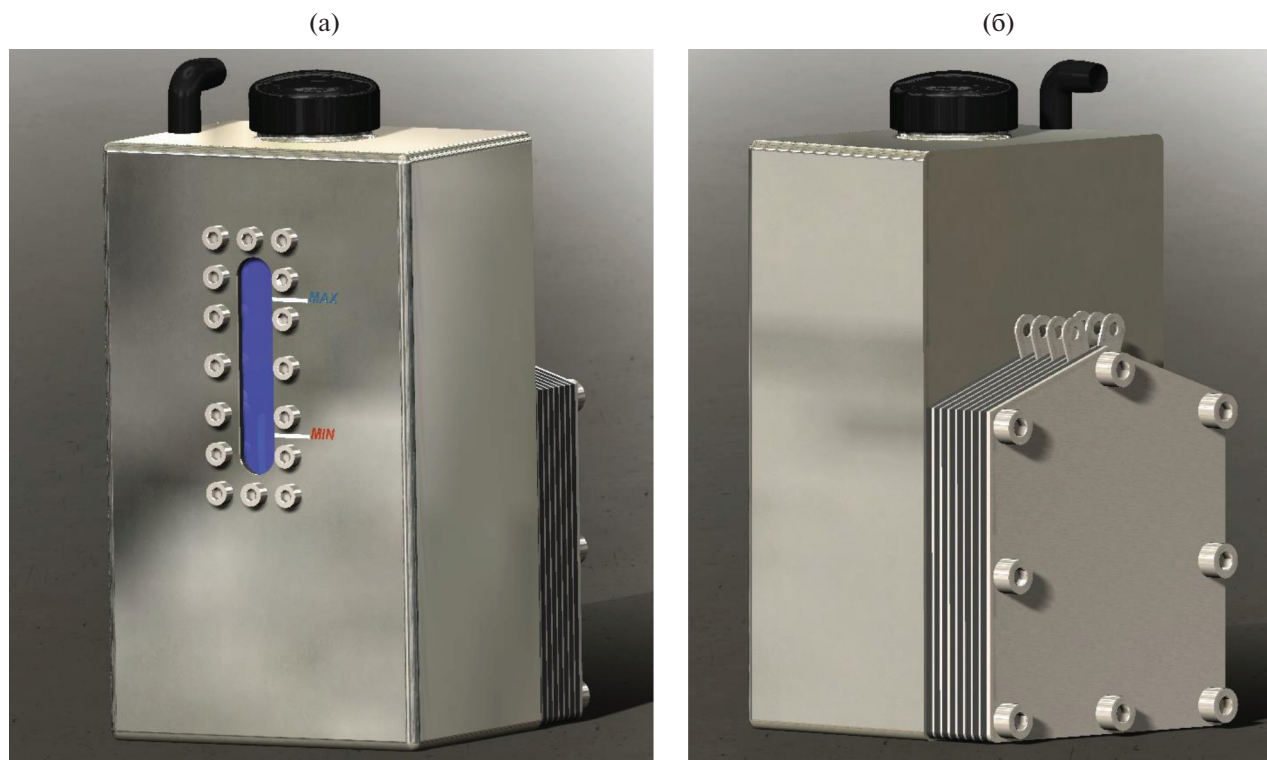


Рис. 3. Генератор газа ННО: а – передняя часть, б – задняя часть.

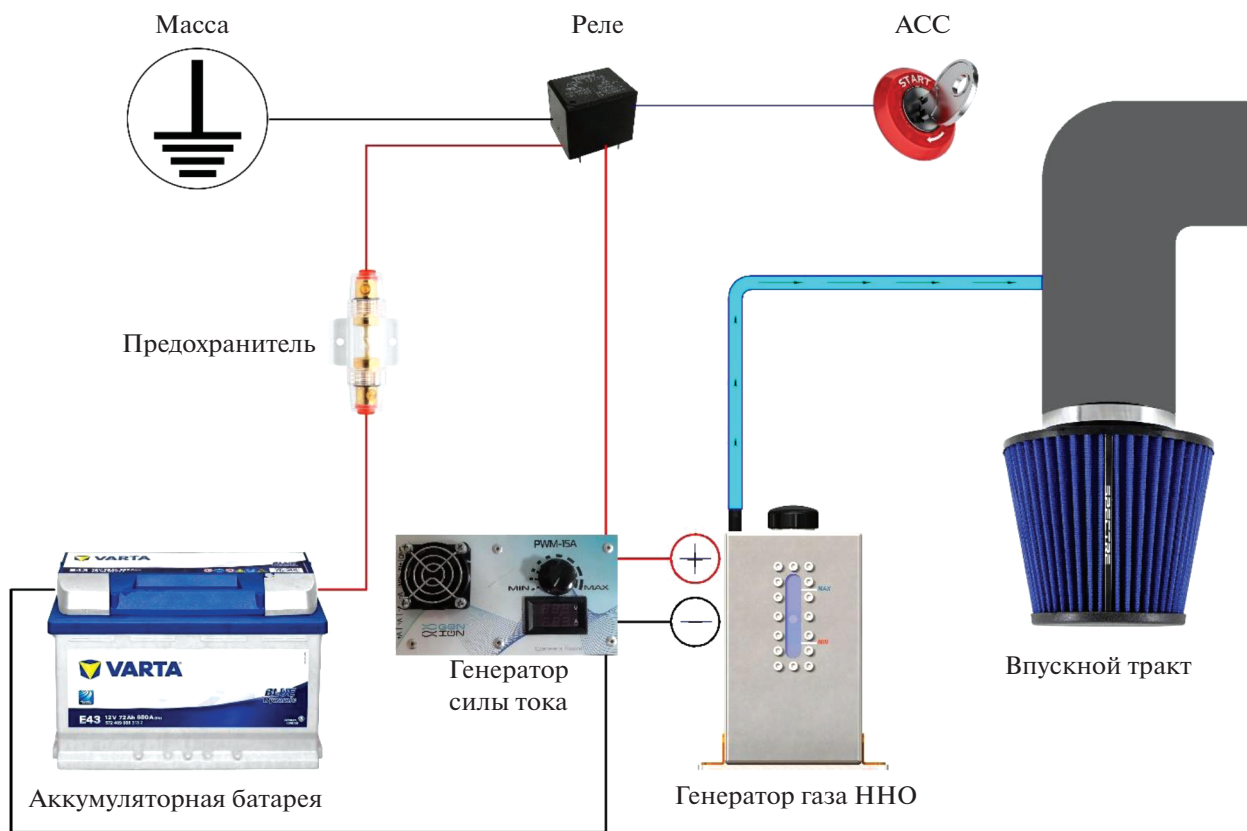


Рис. 4. Схема установки компонентов.



Рис. 5. Подготовительные операции перед испытаниями: а — процесс чип-тюнинга двигателя, б — установка зонда газоанализатора в глушитель выпускной магистрали двигателя.

ствия, воздействия щелочного раствора) и внешних (статические и динамические, частотные воздействия).

Установку генератора газа ННО проводили в подкапотном пространстве, если позволяло место, а также в багажном отделении. Он должен быть установлен и закреплен таким образом, чтобы был неподвижным и не смещался при движении автомобиля даже на пересеченной местности.

Генератор газа ННО устанавливали на автомобиль согласно схеме, представленной на рис. 4.

Генератор газа ННО подключается следующим образом:

- устанавливается реле, которое соединяется с управляющим кабелем от замка включения зажигания и “массой” автомобиля;
- к реле от аккумуляторной батареи через предохранитель подключается силовой плюсовой кабель;
- в салоне автомобиля в легкодоступном для водителя месте устанавливается регулятор силы тока, к входным клеммам которого подключаются плюсовой кабель от реле и минусовой кабель от аккумуляторной батареи;
- устанавливается и крепится генератор газа ННО;
- от генератора газа ННО до патрубка впускного коллектора двигателя внутреннего сгорания прокладывается магистраль, по которой будет поступать газ ННО;
- магистраль подводится и подключается после воздушного фильтра впускного коллектора двигателя внутреннего сгорания;
- выходящие плюсовой и минусовой кабели из регулятора силы тока подключаются к соответ-

ствующим контактными пластинам генератора газа ННО.

Испытания размещенного и подключенного генератора газа ННО проводили на автомобиле Chevrolet Captiva с бензиновым двигателем V6 объемом 3.2 л при режиме силы тока 20 А.

Для возможности проведения испытания генератора газа ННО была выполнена корректировка исходных программных параметров электронного блока управления двигателя — чип-тюнинг (рис. 5а). Эта операция необходима, чтобы адаптировать параметры смесеобразования (в данном случае обеднить смесь) и считываемые параметры кислородных датчиков (λ -зондов), так как в рабочую смесь помимо основного топлива и воздуха будет поступать газ ННО.

Испытания проводили на прогретом двигателе на холостых оборотах с помощью газоанализатора фирмы “Инфракар”. Установку зонда газоанализатора в глушитель выпускной магистрали двигателя внутреннего сгорания проводили согласно рис. 5б.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Первым этапом проводили замер без использования генератора газа ННО (т.е. в выключенном состоянии). Показания газоанализатора при данном замере представлены на рис. 6а.

На втором этапе включили генератор газа ННО на режим 20 А и через 3 мин провели повторный замер (рис. 6б).

Далее было проведено три замера также с интервалом 3 мин. На рис. 6в–6д показаны результаты замеров.

Проанализировав все проведенные замеры после включения подачи газа ННО во впускной

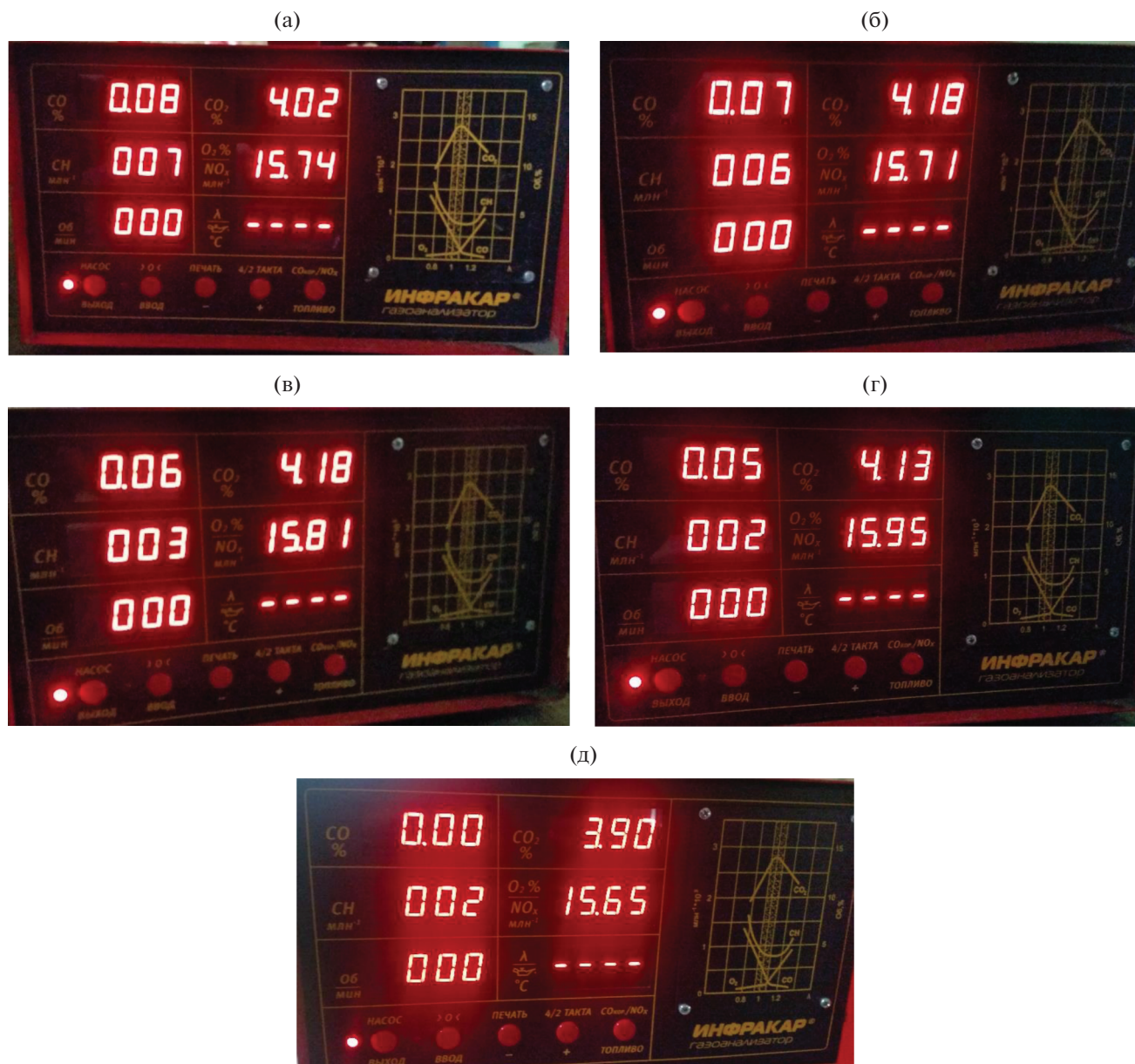


Рис. 6. Проведение замеров концентрации газов: а – показания газоанализатора при первом замере, б – второй замер при включении генератора газа ННО, в, г, д – третий, четвертый и пятый замер при включенном генераторе газа ННО соответственно.

коллектор двигателя внутреннего сгорания, можно сделать следующие выводы:

– концентрация углекислого газа (CO_2) падает с 4.02 до 3.9%. Вначале наблюдается небольшой рост концентрации соединений CO_2 , но на последних замерах происходит резкий спад концентрации;

– концентрация оксидов азота (NO_x) имеет незначительное колебание в интервале от 15.71 до 15.65 млн⁻¹;

– концентрация углеводородных соединений (СН) снижается с 7 до 2 млн⁻¹;

– концентрация угарного газа (СО) снижается с 0.08% до нулевых значений.

Согласно проведенному испытанию построены соответствующие графики зависимости изменения концентрации отработавших газов от времени замеров (рис. 7).

Газ Брауна при добавлении в топливоздушную смесь значительно увеличивает скорость сгорания топлива. Это происходит потому, что скорость детонации газа ННО примерно в 10 раз

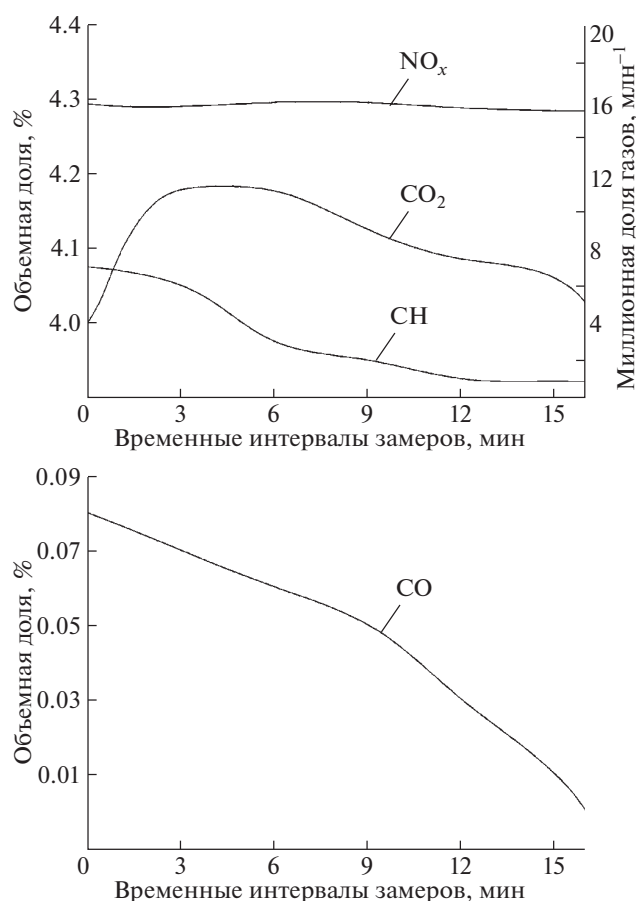


Рис. 7. Графики зависимости изменения концентрации отработавших газов от времени замеров.

больше скорости детонации воздушно-бензиновой смеси [4]. Сжигается не только бензин, но и остаточные оксиды топлива.

В результате гораздо меньшее количество топлива, которое не сгорело, выбрасывается из двигателя в виде загрязняющих веществ и токсичных отходов.

ВЫВОДЫ

Таким образом, добавление газа Брауна (газа ННО) в топливовоздушную смесь через впускной коллектор двигателя внутреннего сгорания действительно оказывает значительное влияние на снижение концентрации вредных веществ в отработавших газах двигателя внутреннего сгорания.

По результатам испытаний видно, что происходит заметное уменьшение количества выбросов загрязняющих атмосферу веществ. Данный эффект несомненно окажет положительное влияние на окружающую среду, экологическую обстановку в крупных городах и здоровье человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способы борьбы с токсичностью выхлопных газов. http://k-a-t.ru/dvs_pitanie/19_toksichnost_2/
2. Атрощенко В.И. Курс технологии связанного азота. Москва: Химия, 1968. 384 с.
3. Мищенко А.И. Применение водорода для автомобильных двигателей. Киев: Наукова думка, 1984.
4. Радченко Р.В., Мокрушин А.С., Тюльпа В.В. Водород в энергетике: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 229 с.