

УДК 662.767

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭТАНОЛА И БУТАНОЛА В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ К БЕНЗИНОВОМУ ТОПЛИВУ, ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРЕ



USE OF ETHANOL AND BUTANOL AS AN ADDITIVE TO GASOLINE FUEL TO REDUCE EMISSIONS INTO THE ATMOSPHERE

Багирова Наргиз Назим кызы

кандидат химических наук, доцент,
кафедра нефтехимическая технология
и промышленная экология,
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности
nergiz.bagirova.71@mail.ru

Гусейнова Матанет Ариф кызы

доктор технических наук по философии,
доцент, кафедра нефтехимическая
технология и промышленная экология,
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности

Аннотация. В настоящее время проблема автотранспорта, рассматривается как одна из составной части всей экологической безопасности. Эко-проблемы, связанные с употреблением традиционного автомобильного топлива в двигателях различной конструкции, актуальны не только для Азербайджанской Республики, но и для широкого круга стран. Автотранспорт, воспроизводящий шум и загрязняющий природную атмосферу, рассматривается как один из влиятельных источников загрязнения природной окружающей среды в мега городах, заселенных пунктах, более того негативно влияет на здоровье людей.

Таким образом, в качестве жидкого топлива с экологической точки зрения мы выбрали именно автомобильное традиционное топливо, а точнее бензин и дизельное топливо.

Ключевые слова: этанол, бутанол, моторное топливо, оксигенаты, n-бутанол, алкилаты, изомеризаты.

Bagirova Nargiz Nazim qizi

Candidate of chemical sciences,
Associate Professor,
department of petrochemical technology
and industrial ecology,
Azerbaijan State Oil
and Industry University,
nergiz.bagirova.71@mail.ru

Huseynova Matanet Arif qizi

Doctor of technical sciences in philosophy,
Associate Professor,
department of petrochemical technology
and industrial ecology,
Azerbaijan State Oil
and Industry University

Annotation. Currently, the problem of motor transport is considered as one of the components of all environmental safety. Eco-problems related to the use of traditional automobile fuel in engines of various designs are relevant not only for the Republic of Azerbaijan, but also for a wide range of countries. Motor transport, which reproduces noise and pollutes the natural atmosphere, is considered as one of the most influential sources of environmental pollution in mega cities and populated areas. moreover, it negatively affects people's health. Thus, from an environmental point of view, we have chosen traditional automobile fuel, or rather gasoline and diesel fuel, as a liquid fuel.

Keywords: ethanol, butanol, motor fuel, oxygenates, n-butanol, alkylate, isomerizate.

Воздействие моторного топлива на окружающую среду колоссально значительно, потому как, автотранспорт является один из основных потребителей энергии и сжигает массовое количество продуктов, полученных в результате переработки нефти. Выхлопные, отработанные газы автомобильного транспорта, являются источниками негативных процессов: загрязнение атмосферы вредными и токсичными газами, образование кислотных дождей, фотохимического смога, и конечно глобальное потепление, результатом которого является газы, образующие парниковый эффект. С другой стороны, выхлопные газы являются негативными для организма человека, которые при вдыхании больших концентраций могут вызвать неблагоприятные последствия для людей [1].

В ходе эксплуатации автомобилей различной категории, оснащённые двигателями внутреннего сгорания (ДВС), вредными источниками, загрязняющие биосферу являются: отработанные, моторные газы, газы из системы Кратера, испарение рабочей смеси из систем питания. В выхлопных газах автотранспорта, содержится некоторое количество токсичного свинца, который с различными солями металлов широкого диапазона, проникает в почву, в поверхностные водоёмы, в подземные воды, который позднее поглощается растительностью, которые употребляет человек повседневно. Загрязнения водоёмов, осуществляется в процессе выпадения кислотных дождей,

причиной которых является вступлению в реакцию с водой оксидов азота и углекислого газа. Также, стоит отметить, что основная угроза, которая исходит от отработанных токсичных газов – это истощение озонового слоя, который защищает нашу планету от проникновения ультрафиолетовых лучей на Землю. Эти лучи, обладают способностью вызывать большое количество заболеваний. Углеводороды, вступая в реакцию с оксидами азота, образуют так называемый околосферный или тропосферный озон, который также в незначительных концентрациях негативно отражается на здоровье людей.

Поэтому, в связи с ужесточением экологических характеристик традиционного авто-топлива, реализуются различные проекты в Азербайджане и странах СНГ, основной целью которых является снижение содержания вредных веществ в бензине и дизельном топливе, перехода на качество, соответствующее Евро стандартам. Реальной целью является сокращение в топливе различных гетерогенных примесей: содержание полициклических ароматических углеводородов, бензола, являющиеся канцерогенными веществами; содержание серы, меркаптановых соединений; замена углеводородов ароматического ряда на некоторые кислородосодержащие присадки, алкилаты, изомеризаты. В 2011 году, в США были введены новые нормативы на содержание бензола до 0,95–0,97 % об, а уже с 2016 года в силу вступили новые ограничения на содержание бензола в автомобильном бензине до 0,63 % об.

В современное время, основными компонентами авто-топлива, понижающие количество отработанных, выхлопных газов являются оксигенаты. Оксигенаты – присадки, обогащённые кислородом в своих молекулярных строениях. К ним относятся: спирты (этанол, бутанол, метанол); эфиры (МТБЭ, ЭТБЭ). При добавлении оксидосодержащих добавок в топливную моторную смесь в размере 9–15 % содержание угарного газа (СО), углеводородов, уменьшается в результате полного сгорания, за счёт наличие кислорода в топливной смеси. Содержание диоксида углерода увеличивается, так данный газ является продуктом полного сгорания. Используя МТБЭ, количество оксидов азота также увеличивается на незначительное количество, концентрации которых не несут негативные последствия [2].

Использование оксигенатов в качестве добавок на современном этапе развития нефтяной промышленности, находится на начальном этапе изучения и применения. Данные присадки являются одними из важнейших компонентов традиционной автомобильной топливной смеси, повышающие не только эксплуатационные свойства, но также и экологические характеристики авто-топлива.

Основные исследования и опыты проводились в департаменте экологического мониторинга компании «SOCAR». В качестве сырья были взяты две смеси: состав первой смеси состоял из 300 мг бензина марки АИ-92 и 6 мг (2 % масс) этанола (96,4 %), состав второй смеси определялся 300 мг чистого бензина той же марки и 6 мг (2 % масс) н-бутанола (99 %). Основные измерения проводились на автомобиле марки Mitsubishi Airtrek 2004 года выпуска. Автомобиль относится к классу Евро-2 по Европейским экологическим стандартам (табл. 1).

Таблица 1 – Производство транспортных средств, соответствующих требованиям экологических норм Евро класса

Страны производители транспортных средств	Год выпуска транспортных средств, и классификация по экологическим нормам Евро				
	1 и ниже	2	3	4	5
Входящие в Европейский Союз	до 1996	1997–2000	2001–2004	2005	2010
США	до 1995	1996–2000	2001–2003	2004	–
Япония	до 1997	1998–2004	2005–2010	2011	–
Канада	до 2000	2001–2003	2004	–	–
Индия	до 2004	2005–2009	2010	–	–
Китай	до 2003	2004–2007	2008	–	–
Южная Корея	до 2000	2001–2002	2003–2005	2006	–
Россия	до 2002	2003–2007	2008–2010	2011	2014

Основное реальное исследование проводилось для сравнения состава выхлопных газов ДВС, при использовании чистого бензина и смеси традиционного топлива, содержащего в качестве добавки – 2 % мас., этанола и бутанола.

Опыты проводились на четырёхцилиндровом, четырёхтактном двигателе с водяным охлаждением автомобиля марки Mitsubishi Airtrek 2004 года выпуска. Состав выхлопных газов определяли с помощью газоанализатора Stargas/898 [3, 4].

Смесь, состоящая из бензина и биотопливных добавок в заданной концентрации, готовили перемешиванием на центрифуге при комнатной температуре в течение 8 часового рабочего дня лаборатории, каждые 2 часа по 10–15 минут.

Смесь, содержащую 2 % добавки биотоплива тестировали на стабильность и устойчивость к фазовому расслоению. Исследование проводилось при следующих условиях: температура топлива – 60 °С, объем образца бензина – 300 мл, относительная влажность – 50/55 %, средняя температура внешней среды в лаборатории – 22 °С.

Исследования проводились в две стадии:

Образец готовили следующим образом: к чистому бензину, добавляли этанол 2 % мас., исследовали стабильность полученной по фазовому разделению при температуре в диапазоне 25–30 °С. Состояние смеси контролировали визуально каждые 2 часа в течение 10 дней. Смесь бензина и бутанола исследовали по той же методике. Состав выхлопных газов контролировали по содержанию CO, HC, CO₂, NO_x. Механическое смешение смеси происходило непосредственно в топливном насосе. Состояние форсунки проверяли визуально, значительного сажевого осадка не наблюдалось.

Для измерения количества выхлопных газов при помощи газоанализатора Stargas/898 применяются следующие методы:

При измерении химических компонентов выхлопных газов условия окружающей среды должны быть в следующих пределах:

1. Температура окружающей среды – от минус 10 до 35 °С;
2. Атмосферное давление – от 91,5 до 102,4 кПа (650–790 мм ртутного столба).

Предварительная подготовка к измерениям. Проверка системы, обеспечивающая сокращение токсичных выбросов автомобиля проводится визуально. В случае отсутствия фактической комплектации установленной производителем, измерения не проводятся. Перед измерением температура двигателя не должна быть меньше 600С, а также следует нагреть до заданной температуры, если рабочая температура масла и охлаждающей жидкости не соответствует требованиям указанным в ремонтном инструктаже автомобиля [5, 6].

После нагревания двигателя автомобиль готовится для измерений в следующем порядке:

1. Коробка передач скорости устанавливается на нейтральный режим;
2. Автомобиль останавливают при помощи колодок стояночного тормоза и отключают двигатель;
3. Устанавливаются сенсоры тахометра и датчика, определяющего температуру масла двигателя;
4. Вводят пробоотборный зонд газоанализатора в выпускную трубу автомобиля на глубину не менее 300 мм от наиболее заглубленной точки среза трубы.

Для определения количества монооксида углерода и углеводородов автомобильных средств при работе двигателя в нейтральном положении, измерения проводятся при минимальной ($n_{\text{мин}}$) и повышенной ($n_{\text{пов}}$) частоте вращения коленчатого вала, установленные производителем [7].

При отсутствии установленных данных производителем, присущи нижеуказанные показатели:

- $n_{\text{мин}}$ не должна превышать следующие показатели:
 - для автомобилей категории M₁ и N₁ – 1100 мин⁻¹;
 - для других категорий автомобилей – 900 мин⁻¹;
- показатели $n_{\text{пов}}$ устанавливаются по следующим показателям:
 - для автомобилей категории M₁ и N₁ не обеспеченные системой нейтрализации – 2500–3500 мин⁻¹;
 - для автомобилей категории M₁ и N₁, оснащенные системой нейтрализации – 2000–3500 мин⁻¹;

– другие категории автомобилей не зависимо от комплектования – 2000–2800 мин⁻¹.

Измерение выхлопных газов транспортных средств, работающих на бензине:

1. Коробка передач скорости автомобиля устанавливается на нейтральное положение.

2. Автомобиль приостанавливается посредством тормозов;

3. Двигатель отключается;

4. Открывается капот агрегата, расположенного на двигателе;

5. Устанавливается тахометр;

6. Зонд газоанализатора берущий пробу, устанавливается в поперечном сечении газовой трубы до 300 мм в глубину, (при неисправности глушителя в виде деформации, глубина рассчитывается с короткой части поперечного сечения);

7. Воздушная крышка карбюратора открывается полностью;

8. Для определения количество оборотов мотора, на выходы аккумулятора устанавливаются специальные кабеля;

9. Для измерения температуры и количества выхлопных газов на выходящую трубу глушителя устанавливают зонды, определяющие температуру и количество отработанных газов;

10. Мотор заводится; частота вращения вала мотора повышается на n число оборотов и в этом режиме продолжает оставаться в рабочем состоянии не менее 15 секунд;

11. Определяется минимальная частота вращения вала мотора и через 20 секунд минимум, измеряется количество оксида углерода и углеводородов;

12. При n число оборотов вала мотора, определяется частота вращения вала и через 30 секунд минимум, измеряется количество оксида углерода и углеводородов;

13. При минимальном количестве оборотов двигателя, полученные результаты отражаются на экране прибора и далее распечатываются на бумаге.

Методика измерения отработанных токсичных газов транспортных средств с системой нейтрализации. Перед началом измерений проверяются визуально и сбрасываются показания CO, CH, CO₂ на газо-детекторе. Измерения осуществляются в нижеуказанном порядке:

1. Заводится двигатель, нажимая на педаль управления, увеличиваем частоту вращения коленчатого вала до $n_{пов}$ и двигатель работает в этом режиме в течение 2–3 минут. Стоит отметить, при температуре окружающей среды ниже 0 °C 4–5 минут. После стабилизации параметров, определяется количество CO, CH.

2. Далее обеспечиваем минимальную частоту коленчатого вала $n_{мин}$ и измеряем вновь количество оксида углерода и углеводородов. Проведение измерений при $n_{мин}$ должны проводится не позднее 30 сек после режима $n_{пов}$.

3. Перед началом измерений отработанных газов автомобилей с встроенной трехкомпонентной системой нейтрализации, необходимо осуществлять проверку этой системы по диагностическому индикатору, установленного на панели приборов [8].

Измерения выхлопных газов производились при помощи газоанализатора Stargas/898. Техническое состояние автомобилей и двигательных систем должны соответствовать требованиям 3-го раздела 4-го дополнения стандарта ГОСТ Р 41.83, приведенным в таблице 2.

Таблица 2 – Требования к техническому состоянию автомобилей и двигательных систем

Системы автомобиля	Требования к техническому состоянию
1	2
Выхлопная система отработанных газов	Комплектность (отсутствие элементов системы выпуска не допускается); герметичность (отсутствие механических пробоев и сквозной коррозии; при работе двигателя на холостом ходу в соединениях и элементах системы выпуска отработавших газов не должно быть утечек, а для автомобилей, оборудованных системой нейтрализации отработавших газов, не допускаются утечки в атмосферу минуя нейтрализатор)
Система нейтрализации выхлопных газов и другие приборы для снижения вредных выбросов	Комплектность (отсутствие или несоответствие эксплуатационным документам элементов системы нейтрализации, системы улавливания паров топлива, рециркуляции отработавших газов, экономайзера принудительного холостого хода и т.п. не допускается)

Окончание таблицы 2

1	2
Система вентиляции Картера	Комплектность; герметичность (рассоединение трубок в системе вентиляции картера двигателя, утечка картерных газов через различные неплотности в атмосферу не допускаются)
Встроенная система диагностирования двигателя	Функционирование диагностического индикатора соответствует исправной работе двигателя и его систем (диагностический индикатор при работе двигателя выключен)
Система питания	Комплектность (отсутствие или несоответствие элементов системы питания эксплуатационным документам не допускается); герметичность (подтекание бензина не допускается)

Измерения проводились в следующем порядке:

1. Использование в качестве топлива чистого бензина марки АИ-92 без добавок;
2. Топливная смесь бензина и этанола;
3. Топливная смесь бензина и бутанола.

Результаты измерений записываются в том же порядке в нижеуказанной таблице 3.

Таблица 3 – Результаты экспериментальных измерений отработанных газов

Показатели результатов при использовании чистого бензина без применения добавок				
CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)	O ₂ (%)	NO _x (ppm)
0,030	14,14	26	1,49	0,1
Показатели результатов отработанных газов при использовании смеси бензина и этанола				
0,0276	16,2	22,8	1,61	0,094
Показатели результатов выхлопных газов при использовании смеси бензина и н-бутанола				
0,029	15,9	23,5	1,68	0,095

Показатели результатов при сравнении оксидосодержащих добавок представлены в следующей таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение показателей выхлопных газов смеси бензина с добавкой этанола и смеси бензина с н-бутанолом

Сравнение показателей с использование чистого бензина и смесью бензина и этанола				
CO	CO ₂	HC	O ₂	NO
Снизилось на 8 %	Увеличилось на 14,4 %	Снизилось на 13,2 %	Увеличилось на 8,1 %	Снизилось на 6 %
Сравнение показателей с использование чистого бензина и смесью бензина и н-бутанола				
CO	CO ₂	HC	O ₂	NO
Снизилось на 3,5 %	Увеличилось на 12,4 %	Снизилось на 9,6 %	Увеличилось на 12,8 %	Снизилось на 5 %

После проведенных измерений можно сделать вывод, что данный автомобиль, на котором производились измерения, соответствует техническо-нормативным стандартам (табл. 5).

Таблица 5 – Предельно-допустимые нормы выбросов токсичных газов в атмосферу транспортными средствами работающие на бензине

Стандарт выпуска автомобиля	Категории	Оксид углерода(CO), объемная доля, %	Углеводороды (CH), объемная доля, (ppm)	Оксиды азота (NO _x), объемная доля, (ppm)
		Предел нормы	Предел нормы	Предел нормы
1	2	3	4	5
Евро-1	M ₁ и N ₁	3,5	1200	–
	M ₂ , M ₃ , N ₂ , N ₃	4,5	2500	–

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5
Евро-2	M ₁ и N ₁	1,0	400	–
	M ₂ , M ₃ , N ₂ , N ₃	1,5	600	–
Евро-3	M ₁ и N ₁	0,5	100	70
	M ₂ , M ₃ , N ₂ , N ₃	0,7	200	150
Евро-4	M ₁ и N ₁	0,3	50	40
	M ₂ , M ₃ , N ₂ , N ₃	0,5	100	70
Евро-5	M ₁ и N ₁	0,3	50	30
	M ₂ , M ₃ , N ₂ , N ₃	0,5	100	50

*Примечание:

M1 – легковые автомобили не более 1 + 8 мест;

M2 – легковые автомобили более 1 + 8 мест, максимальная масса до 5 тонн;

M3 – легковые автомобили более 1 + 8 мест, максимальная масса более 5 тонн;

N1 – грузовые автомобили, максимальная масса до 3,5 тонн;

N2 – грузовые автомобили, максимальная масса до 3,5–12 тонн;

N3 – грузовые автомобили, максимальная масса более 12 тонн.

Снижение выбросов CO, HCNO объясняется большим содержанием кислорода в топливной смеси за счет кислородосодержащих добавок, таких как этанол и бутанол, которые способствуют более полному сгоранию. Отсюда следует увеличение выбросов CO₂ за счет полного сгорания образующегося оксида углерода CO [9].

Также стоит отметить, что на выхлопные газы автомобильных средств влияют целый ряд технических неисправностей самих транспортных средств (табл. 6).

Таблица 6 – Основные причины несоответствию нормативным показателям токсичных выхлопных газов HC, CO, CO₂, O₂

CO	Неправильная калибровка карбюратора; загрязненный или засоренный воздушный фильтр; дефектное обогащение фазы возгорания; дефектное концентрирование акселерации; недостатки в свечах зажигания; недочёт в регуляторе давления
У/В	Утечки зажигания: дефекты в соединениях редукционных клапанов; дефекты в свечах зажигания; недостатки в электрических проводах свечах зажигания; неполное сгорание бедная смесь компонентов топлива; утечки при всасывании воздуха, необходимого для полного сгорания. Механические дефекты: нехватка давления; негерметичные клапаны
CO ₂	Утечки и дефекты в системе отработанных газов
O ₂	Утечки и дефекты в системе отработанных газов; богатая компонентами смесь

Литература

1. Соломин В.А. [и др.]. Анализ методов и средств экологического контроля выбросов вредных веществ отработавших газов автомобилей // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2016. – № 4 (30). – С. 82–89.
2. Williams PRD. Risk-benefit analysis of ethanol fuel blends in the U.S. Int Sugar J 2004; 106(1263): 151–66.
3. Da Silva MLB, Alvarez PJJ. Effects of ethanol versus MTBE on benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene natural attenuation in aquifer columns. J Environ., Eng-ASCE 2002; 128(9): 862–7.
4. Яицких Г.С., Вахрушин П.А., Колесников К.Э. Сравнение экологических показателей всех видов авто-топлива. – URL : <http://chemtech.ru/eshhe-raz-pro-gaz/>
5. Tami, C. Bond Climate Science and Major Sources / C. Tami // U.S. EPA Region 9 – Black Carbon Symposium. – November 14, 2012.

6. Данилов А.М. Применение присадок в топливах. – М., Мир, 2005. – 288 с.
7. Анализатор газов для контроля промышленных и транспортных выбросов, «STARGAS-898» : Общие технические условия. – 2010.
8. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия : ГОСТ Р 51866-2002.
9. Ложкин В.Н., Шкрабак В.С. Автомобильный транспорт как источник загрязнения окружающей природной среды. – СПб. : Изд. НПК «Атмосфера», 2004. – 307 с.

References

1. Solomin V.A. [et al.]. Analysis of Methods and Means of Environmental Control of Exhaust Gas Emissions of Motor Vehicles // Izvestia, Moscow State Technical University, MAMI. – 2016. – № 4 (30). – P. 82–89.
2. Williams PRD. Risk-benefit analysis of ethanol fuel blends in the U.S. Int Sugar J 2004; 106(1263): 151–66.
3. Da Silva MLB, Alvarez PJJ. Effects of ethanol versus MTBE on benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene natural attenuation in aquifer columns. J Environ., Eng-ASCE 2002; 128(9): 862–7.
4. Yaitskikh G.S., Vakhrushin P.A., Kolesnikov K.E. Comparison of ecological indices of all types of auto fuel. – URL : <http://chemtech.ru/eshhe-raz-pro-gaz/>
5. Tami, C. Bond Climate Science and Major Sources / C. Tami // U.S. EPA Region 9 – Black Carbon Symposium. – November 14, 2012.
6. Danilov A.M. Application of additives in fuels. – М., Мир, 2005. – 288 p.
7. The analyzer of gases for control of industrial and transport emissions, «STARGAS-898» : General technical specifications. – 2010.
8. Motor fuels. Unleaded gasoline. Technical specifications : GOST R 51866-2002.
9. Lozhkin V.N., Shkrabak V.S. Automobile transport as a source of environmental pollution. – SPb. : «Atmosphere» Publishing House, 2004. – 307 p.