

**Мараховский В.П., инж., Киреева В.Н., инж, Бганцев В.Н., к.т.н.,  
Левтерова Л.И., инж.**

**ИПМаш НАН Украины, г. Харьков**

## **АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДВС НА БЕНЗОЭТАНОЛЕ**

*Приведены результаты сравнительных экспериментальных исследований автомобилей и автомобильных ДВС на бензоэтаноле, проанализированы их энерго-экологические характеристики.*

### **Введение**

Биоэтанол — возобновляемое топливо, производимое из растительного сырья, биомассы и древесных отходов, которое представляет собой этиловый спирт для технических нужд. В смеси с бензином используется в качестве топлива для автомобилей с двигателями с искровым зажиганием и в европейской практике имеет устоявшееся обозначение по процентному содержанию биоэтанола в смеси с бензином, например, E20...E85 [1]. В связи с тем, что 100% биоэтанол не используется как топливо для автомобилей, а только в смеси с бензином, поэтому такое топливо более точно называть бензоэтанолом, сохранив обозначения.

Главное преимущество бензоэтанола — уменьшение выбросов диоксида углерода, основного парникового газа, с отработавшими газами (ОГ) ДВС автомобилей, который поглощается растениями, осуществляющими фотосинтез. Таким образом, оборот диоксида углерода в значительной степени становится замкнутым. Кроме того, бензоэтанол для Украины является огромным потенциалом снижения потребления светлых нефтепродуктов, подъема сельхозпроизводства и создания рабочих мест [2].

В таких европейских странах как Швеция, Германия, Франция, Великобритания, Испания и др. приняты соответствующие законы, налоговые льготы, построены заправочные станции и выпускаются автомобили (Flexfuel), адаптированные к бензоэтанолу [1].

С целью определения топливной экономичности и токсичности отработавших газов в 2007 году Центром автомобильных исследований (MnCAR) штата Миннесота, США, были проведены сравнительные экспериментальные исследования четырех легковых автомобилей на бензине и бензоэтанолу различного состава [3].

Испытывались неадаптированные к бензоэтанолу автомобили: Ford Fusion с пробегом 8000 км, Toyota Camry с пробегом 11000 км, Chevrolet Impala с пробегом 50000 км и адаптированный к бензоэтанолу автомобиль Chevrolet Impala Flex-Fuel с пробегом 11000 км. На всех автомобилях установлены двигатели с электронной системой управления и автоматические трансмиссии. Испытания для определения топливной экономичности проводились на беговых барабанах по циклу HWFEEF, разработанному Агентством США по охране окружающей среды (EPA), а токсичность отработавших газов по городскому ездовому циклу федерального стандарта США (FTP-75).

Содержание этанола в бензоэтанолу при испытаниях изменялось от 10 до 85 % и обозначалось как E10...E85. Топливная экономичность определялась по американскому стандарту в милях на галлон (*mpg*), а эмиссия токсичных компонентов в отработавших газах в граммах на милю (*g/m*). На рисунке 1 приведены наилучшие результаты топливной экономичности всех испытанных автомобилей на бензоэтанолу оптимального состава в сравнении с бензином.

Как видно из рисунка 1, топливная экономичность неадаптированных автомобилей Toyota Camry и Ford на E30 улучшилась по сравнению с бензином на 1%, а адаптированного автомобиля Chevrolet Impala Flex-Fuel на топливе E20 на 15%. Показатели аналогичного, не-

адаптированного автомобиля Chevrolet с самым большим пробегом (50000 км) на этих топливах ухудшились.

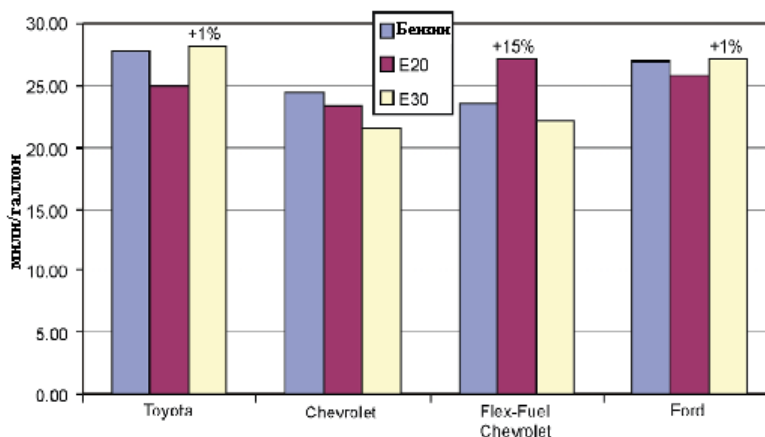


Рис. 1. Топливная экономичность автомобилей на бензоэтаноле в сравнении с бензином

У неадаптированных автомобилей более высокая топливная экономичность достигается только при работе на бензоэтаноле E30, когда состав топливо-воздушных смесей для каждого конкретного двигателя совпадает с оптимальным без программной поддержки системы управления.

Адаптация автомобиля Chevrolet Impala Flex-Fuel заключается в программном обеспечении контроллера системы управления, которое поддерживает оптимальный состав топливо-воздушной смеси на всех режимах движения автомобиля.

Сравнение показателей уровня токсичности всех этих автомобилей однозначно свидетельствует о том, что при работе на бензоэтаноле E20, E30 они ниже, чем на бензине.

Проведенные испытания показали, что систему управления каждого конкретного двигателя, с его конструктивными особенностями необходимо программно адаптировать к бензоэтанолю, предварительно определив его оптимальный состав. В этом случае можно ожидать значительного улучшения экологических и экономических показателей на бензоэтаноле.

**Целью исследования** было экспериментальное определение и сравнение энергоэкологических показателей автомобильного двигателя, работающего на бензине А-92 и бензоэтаноле с 10 % содержанием этанола в бензине А-76.

### Основная часть

В ИПМаш им. А.Н. Подгорного НАН Украины в рамках целевой комплексной программы НАН Украины "Биотоплива" проводились сравнительные стендовые испытания двигателя легкового автомобиля ВАЗ-2106, с карбюратором "Озон" 2107-1107010 [4].

В качестве энергоэкологических показателей выбраны мощность двигателя, крутящий момент, удельный эффективный расход топлива, показатели токсичности ОГ по трем составляющим ( $CO$ ,  $C_nH_m$  и  $NO_x$ ) при работе по внешней скоростной характеристике.

При испытаниях измеряли мощность двигателя с помощью балансирного динамометра DS 926-4/V, частоту вращения коленчатого вала, расход топлива, температуры охлаждающей жидкости, топлива, масла и отработавших газов, угол опережения зажигания (ОЗ), давление в системе смазки и атмосферное давление. Вначале определили все показатели работы двигателя по внешней скоростной характеристике на бензине А-92. На следующем этапе были получены аналогичные показатели при работе двигателя на бензоэтаноле. Бензоэтанол получен путем смешения в специальной установке-кавитаторе бензина А-76 с этиловым спиртом в соответствующей пропорции. Октановое число полученного топлива составило более 80 единиц по моторному методу.

Полученные внешние скоростные характеристики двигателя приведены на рис. 2, 3, 4.

Изменение крутящего момента ( $M_k$ ) и мощности ( $N$ ) двигателя представлены на рис. 2. Как видно, достигнутые максимальные значения крутящего момента при бездетонационной работе на бензине и бензоэтаноле практически одинаковы  $\sim 125 \text{ Н}\cdot\text{м}$  и располагаются на характеристике вблизи частоты вращения  $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$ . Одинакова также в обоих случаях и максимальная мощность, которая составила  $\sim 58 \text{ кВт}$  при  $n = 5400 \text{ мин}^{-1}$ .

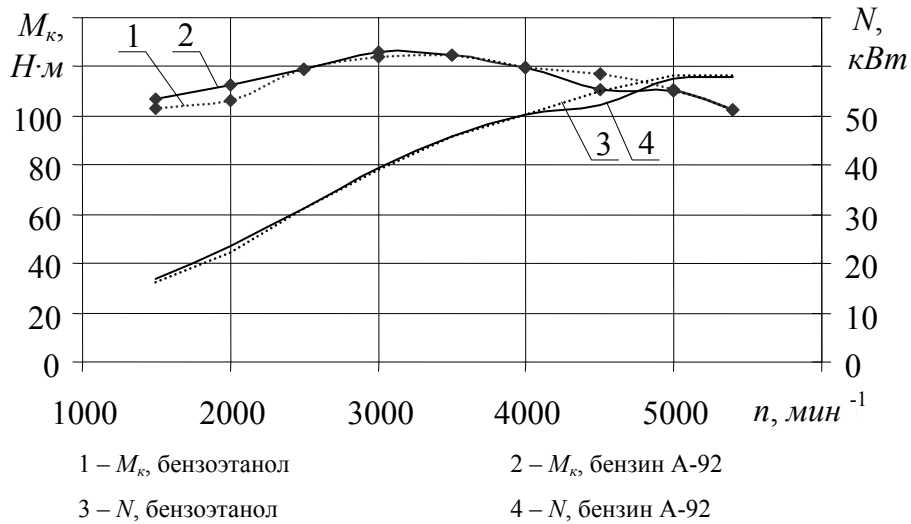


Рис. 2. Внешняя скоростная характеристика

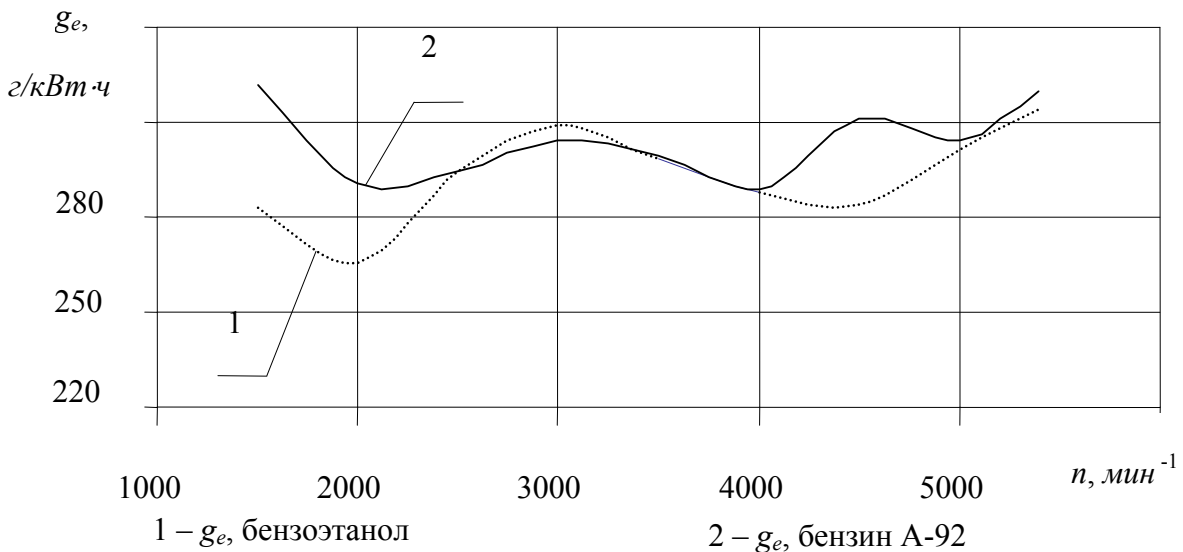


Рис. 3. Внешняя скоростная характеристика  
(удельный эффективный расход топлива)

В области малых частот вращения удельный эффективный расход топлива примерно на 12 % лучше при работе на бензоэтаноле, что можно объяснить несколько более высокими значениями коэффициента избытка воздуха в сравнении с бензиновым вариантом. Одним из наиболее важных показателей работы испытуемого двигателя была токсичность ОГ при работе на бензине и бензоэтаноле. Сравнительная оценка проводилась по содержанию  $\text{CO}$ ,  $\text{C}_n\text{H}_m$  и  $\text{NO}_x$  в ОГ. Внешний вид полученных характеристик представлен на рис. 4.

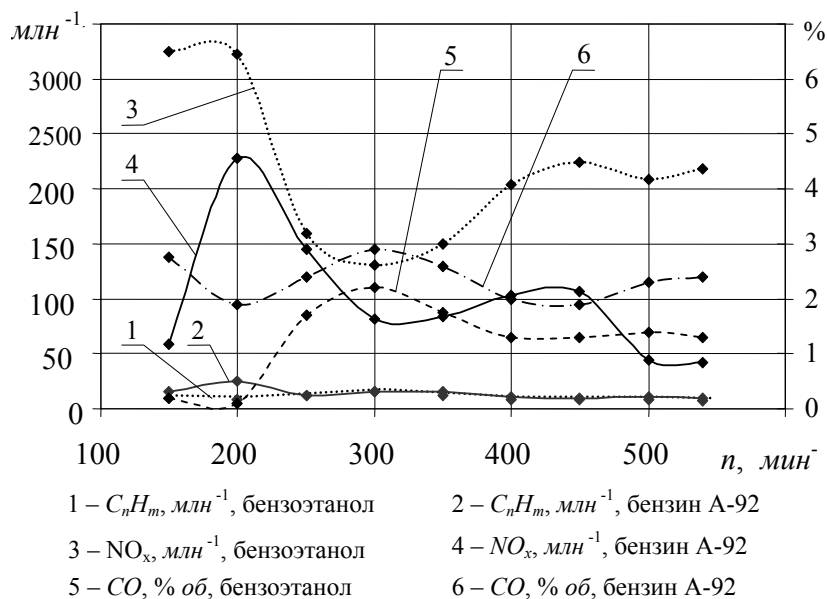


Рис. 4. Внешняя скоростная характеристика (токсичность ОГ)

### Выводы

Анализ результатов сравнительных стендовых испытаний двигателя ВАЗ-2106 показал, что при работе двигателя на бензоэтанольном топливе с 10 % добавкой этанола к бензину А-76 необходима регулировка угла ОЗ для получения его наивыгоднейшего значения при отсутствии детонации.

Мощностные характеристики двигателя при работе на бензоэтаноле практически не отличаются от базовых. Усредненный удельный эффективный расход бензоэтанола по сравнению с бензином А-92 за цикл испытаний по внешней скоростной характеристике снижается на 3,8%. Токсичность ОГ по содержанию  $CO$  и  $C_nH_m$  при работе на бензоэтаноле по внешней скоростной характеристике снижается. Снизить содержание  $NO_x$  в ОГ для данного типа двигателя возможно при одновременном увеличении проходных сечений топливных жиклёров и регулировке угла ОЗ.

При существующей стоимости бензина и биоэтанола использование бензоэтанола может снизить эксплуатационные расходы на топливо и уменьшить потребление нефтяных топлив и токсичность ОГ.

### Список литературы

1. Чистый биоэтанол [электронный ресурс]// Приложение к газете "Коммерсантъ". — от 19.09.2007. — №170(3746). — Режим доступа: <http://www.kommersant.ru>.
2. Мараховский В.П. Перспективы использования бензоспиртовых топлив в Украине / В.П. Мараховский, В.Н. Бганцев // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. — Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2007. — Вып. 20. — С. 92-94.
3. Optimal Ethanol Blend-Level Investigation [Электронный ресурс] / Richard E. Shockey, Ted R. Aulich, Bruce Jones, Gary Mead, Paul Steevens/ — 2007. — Режим доступа: [http://www.ethanol.org/pdf/contentmgmt/ACE\\_Optimal\\_Ethanol\\_Blend\\_Level\\_Study\\_final\\_12507.pdf](http://www.ethanol.org/pdf/contentmgmt/ACE_Optimal_Ethanol_Blend_Level_Study_final_12507.pdf).
4. Левтеров А.М. Экспериментальная оценка энерго-экологических показателей автомобильного двигателя на бензоэтаноле / А.М. Левтеров, В.П. Мараховский, В.Н. Бганцев, М.В. Сарапина // Автомобильный транспорт. Сб. научн. тр. — Харьков: Изд-во ХНАДУ.— 2008. — Вып. 22. — С. 98-101.

Стаття надійшла до редакції 29.05.09

© Мараховський В.П., Кірсєва В.М., Бганцев В.М., Левтерова Л.І., 2009