

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА БЕНЗОЭТАНОЛЕ

**А.М. Левтеров, ст. научн. сотр., к.т.н., В.П. Мараховский,
научн. сотр., В.Н. Бганцев, ст. научн. сотр., к.т.н., М.В. Сарапина,
аспирант, ИПМаш им. А.Н. Подгорного НАН Украины**

***Аннотация.** Приведены результаты сравнительных стендовых испытаний автомобильного двигателя ВАЗ-2106, работающего на бензине А-92 и бензоэтанол с 10 %-м содержанием этанола в бензине А-76. Получены и проанализированы внешние скоростные характеристики двигателя.*

***Ключевые слова:** двигатель с искровым зажиганием, бензоэтанол, мощность, удельный эффективный расход топлива, токсичность, детонация.*

Введение

Адаптация двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с искровым зажиганием к бензоэтанольному топливу обязательно включает в себя экспериментальные исследования рабочего процесса, в том числе определение энерго-экологических характеристик, ресурса и других показателей двигателя в условиях стендовых испытаний. Детальный анализ характеристик и показателей ДВС при работе на бензоэтанольном топливе различного состава в сочетании с технологическими и экономическими возможностями производителей бензоспиртового топлива, позволит сформулировать требования к наиболее рациональному составу такого топлива для масштабного использования на автомобильном транспорте.

Анализ публикаций

Опыт стран, использующих бензоспиртовое топливо, свидетельствует о том, что суммарная токсичность отработавших газов (ОГ) автомобилей на таком топливе снижается, а также экономится нефтяная составляющая топлива [1].

Эксплуатационные, стендовые и дорожные испытания показали, что 8 % высокооктановой кислородосодержащей добавки к бензину А-76 повышает его октановое число (ОЧ)

до уровня ОЧ бензина А-92, а концентрация вредных веществ в отработавших газах, особенно на холостом ходу и малых нагрузках, значительно снижается [2].

Низшая теплота сгорания бензоэтанола несколько ниже базового бензина, а октановое число повышается в зависимости от увеличения содержания в нем этанола [3].

Для адаптации к бензоэтанолу двигателя с рабочим объемом 1,8 л, мощностью 92 кВт, устанавливаемого на Ford – Focus, используется программа автоматического управления зажиганием, которая обеспечивает оптимизированный рабочий цикл двигателя при любом соотношении спирта и бензина [4]. Автомобиль оборудуется дополнительно электроподогревателем для пуска двигателя при отрицательных температурах. Таким образом, применение электронных систем управления позволило увеличить содержание этанола в бензоэтанольном топливе, производимом для автотранспорта, до 85 % (биоэтанол Е 85) [4]. Такое топливо можно использовать только в адаптивных системах питания, например, с измененным блоком управления двигателем, датчиком, контролирующим состав топлива и т. д. На рис. 1 показана многотопливная система питания двигателя автомобиля Volvo S40 1.8F, которая позволяет заправлять топливный бак как бензином, так и смесью Е 85 [5]. Применение

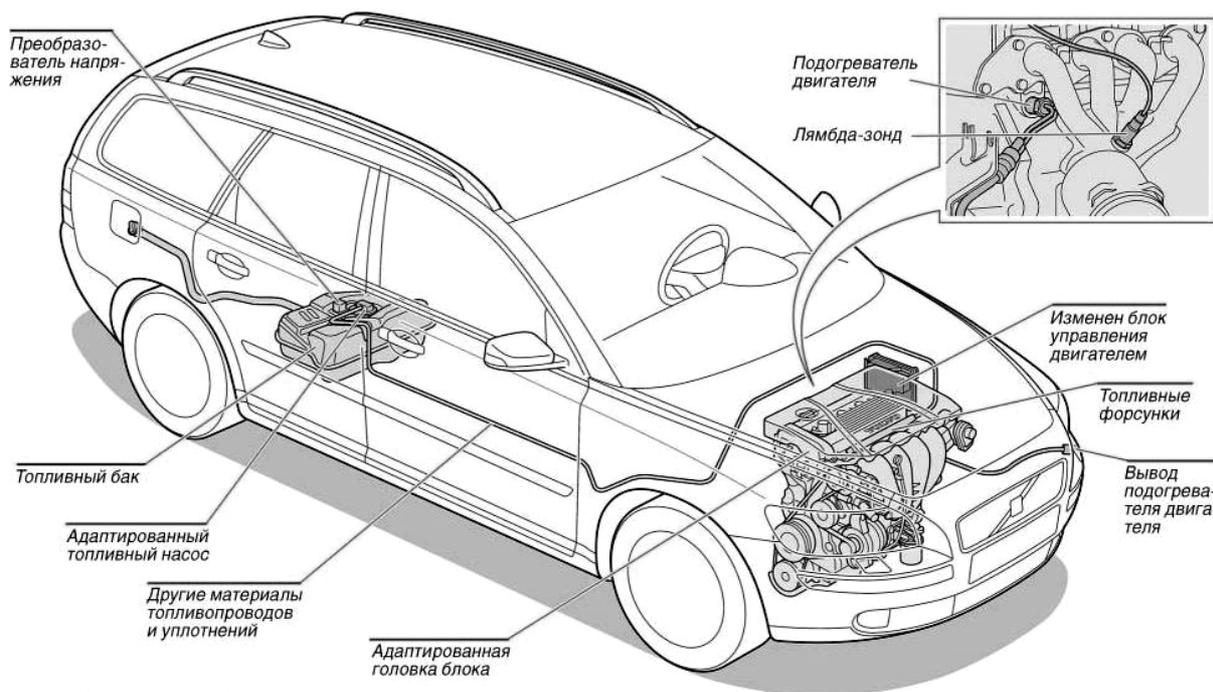


Рис. 1. Многотопливная система питания Volvo S40 1.8F [4]

топлива Е 85 в неадаптированном двигателе может привести к разрушению резинотехнических изделий, коррозии элементов топливной системы из сплавов цветных металлов, снижению мощности и ухудшению пусковых качеств двигателя [4].

Цель и постановка задачи

Цель данной работы – экспериментальное определение и сравнение энерго-экологических показателей автомобильного двигателя, работающего на бензине А-92 и бензоэтаноле с 10 %-м содержанием этанола в бензине А-76.

Экспериментальные исследования

Сравнительные испытания проводились на стенде с двигателем легкового автомобиля ВАЗ-2106, оборудованным карбюратором «Озон» 2107 – 1107010. Этот двигатель является типичным представителем семейства двигателей автомобилей типа «классики», которых еще очень много эксплуатируется на дорогах Украины. Вероятно, что именно они и будут в числе основных потребителей более дешевого бензоэтанольного топлива. При испытаниях измеряли крутящий момент двигателя с помощью балансирного динамометра DS 926-4/V, частоту вращения колен-

чатого 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. ОЧ полученного топлива составило более 80 единиц по моторному методу. Причем, от времени приготовления смеси прошло шесть месяцев и на момент проведения испытаний бензоэтанол представлял собой гомогенную смесь, без признаков стратификации. В качестве энерго-экологических 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.

В процессе испытаний была возможность изменять угол ОЗ с помощью электронного октан-корректора для обеспечения бездетонационной работы двигателя. Полученные внешние скоростные характеристики двига-

теля приведены на рис. 2 – 7. Изменение крутящего момента (M_k) и мощности (N_e) двигателя представлены на рис. 2. Как видно достигнутые максимальные значения крутящего момента при бездетонационной работе на бензине и бензоэтаноле практически одинаковы ~ 125 Н·м и располагаются на характеристике вблизи частоты вращения $n = 3000$ мин⁻¹. Одинакова также в обоих случаях и максимальная мощность, которая составила ~ 58 кВт при $n=5400$ мин⁻¹.

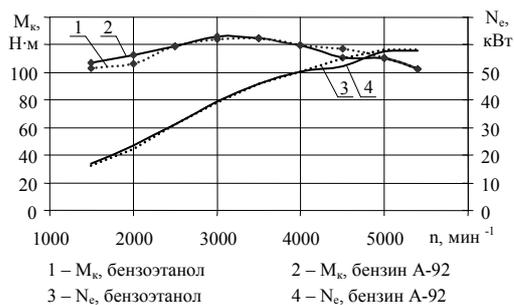


Рис. 2. Внешняя скоростная характеристика

Мало отличаются и часовые расходы бензина и бензоэтанола (G_T) на режиме максимальной мощности: 18,5 кг/ч и 18,25 кг/ч соответственно и расход воздуха (G_B) (рис. 3). То же самое относится и к удельному эффективному расходу топлива (g_e) (рис. 4).

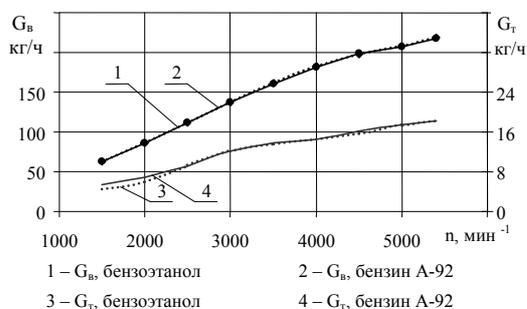


Рис. 3. Внешняя скоростная характеристика (расход топлива и воздуха)

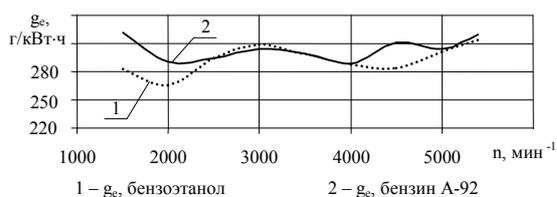


Рис. 4. Внешняя скоростная характеристика (удельный эффективный расход топлив)

В области малых частот вращения этот показатель примерно на 12 % лучше при работе

на бензоэтаноле, что можно объяснить несколько более высокими значениями коэффициента избытка воздуха (α) в сравнении с бензиновым вариантом (рис. 5). Температура отработавших газов (t_{or}) монотонно возрастала с 381 °С до 650 °С на бензине и с 404 °С до 663 °С на бензоэтаноле. Во всем диапазоне внешней скоростной характеристики превышение этого показателя на бензоэтаноле составило примерно 10 – 20 °С в сравнении с работой на бензине.

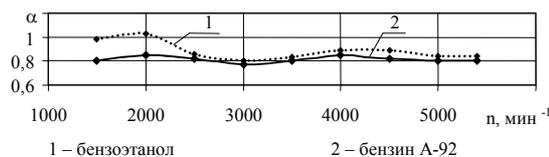


Рис. 5. Внешняя скоростная характеристика (коэффициент избытка воздуха)

Особо следует остановиться на характере изменения угла ОЗ в рассматриваемых случаях. Известно, что качество бензина, реализуемого через сеть автозаправочных станций (АЗС), не всегда соответствует сертификатам. Поэтому на отдельных режимах работы двигатели автомобилей начинают детонировать. Так произошло и при испытаниях, когда двигатель со штатными регулировками, работая на бензине на частотах вращения больше 3000 мин⁻¹, устойчиво детонировал. В связи с этим на этих режимах с помощью электронного октан-корректора угол ОЗ был уменьшен на 3° п.к.в., что обеспечило бездетонационную работу двигателя. В данном случае штатный центробежный регулятор не обеспечивал подходящую под используемый бензин характеристику изменения угла ОЗ. При работе на бензоэтаноле угол ОЗ (θ) не изменяли только в крайних точках внешней скоростной характеристики (рис. 6). На всех остальных режимах его значение пришлось уменьшить на 3 – 7 ° п.к.в., для исключения детонации.

Одним из наиболее важных показателей работы испытуемого двигателя была токсичность при работе на бензине и бензоэтаноле. Сравнительная оценка проводилась по трем показателям – содержанию CO, C_nH_m и NO_x в ОГ. Внешний вид полученных характеристик представлен на рис. 7. Как видно по содержанию CO и C_nH_m в ОГ двигатель имеет лучшие показатели при работе на бензоэтаноле. По содержанию NO_x в ОГ на бензоэта-

ноле получены наоборот несколько худшие показатели, чем на бензине. Минимальное расхождение по этому показателю для двух видов топлив наблюдалось в области максимального крутящего момента двигателя. Основная причина роста содержания NO_x в ОГ при работе двигателя на бензоэтаноле связана с приближением состава топливоздушная смеси к стехиометрическому, как это видно по изменению кривой коэффициента избытка воздуха на рис. 5.

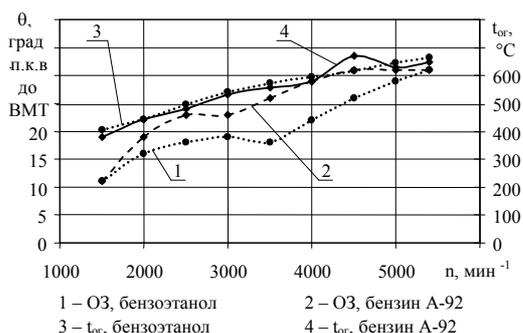


Рис. 6. Внешняя скоростная характеристика (угол ОЗ и температура ОГ)

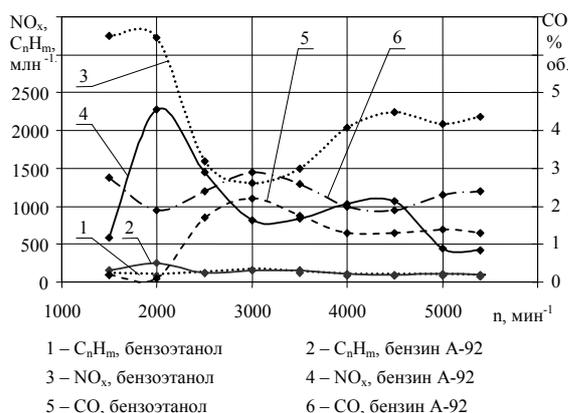


Рис. 7. Внешняя скоростная характеристика (токсичность ОГ)

Выводы

Анализ результатов сравнительных стендовых испытаний двигателя ВАЗ-2106 показал, что при работе двигателя на бензоэтанольном топливе с 10 %-й 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 жиклеров и регулировке угла ОЗ.

При существующей стоимости бензина и этанола использование бензоэтанола может значительно снизить эксплуатационные расходы на топливо и уменьшить потребление нефтяных топлив.

Благодарность

Авторы выражают признательность сотрудникам ОАО «УкрНИИХиммаш» к.т.н. Щербакнову П.М., Скоблику П.И., сотрудникам ИПМаш НАН Украины д.т.н. Канило П.М., Семикину В.М., Бицоре А.И., Карасиченко Н.М., Костенко К.В., Терновой Л.В., Гладковой Н.Ю. за помощь при проведении испытаний и подготовке материалов статьи.

Литература

- Левтеров А.М. Альтернативні палива біологічного походження – баланс енергії і екології / А.М. Левтеров, В.П. Мараховський, В.М. Бганцев // Матер.ІV Міжнар. наук.-практ. конф. – Харків, 2006, Ч. II. – С.119 – 123.
- Железна Т.А. Стан розвитку та перспективи виробництва і застосування рідких палив з біомаси. Ч.1 // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – № 2. – С. 3 – 8.
- Мараховский В.П. Перспективы использования бензоспиртовых топлив в Украине / В.П. Мараховский, В.Н. Бганцев // Автомобильный транспорт: Сб. научн. тр. – 2007. – Вып. 20. – С. 92 – 94.
- Ну, за екологію // За рулем – Україна. – 2005. – № 9. – С. 140.
- И то, что не горит // За рулем – Україна. – 2007. – № 11. – С. 128 – 132.

Рецензент: Ф.И. Абрамчук, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 14 ноября 2007 г.